А. Е. Ферсман

Рудольф Константинович Баландин

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Книга посвящена замечательному ученому и блестящему популяризатору геологических знаний, крупному организатору советской науки, сыгравшему огромную роль в изучении и освоении минеральных богатств нашей страны, А. Е. Ферсману, 100 лет со дня рождения которого исполнится в 1983 г.

Книга рассказывает не только о яркой личности и многообразной деятельности А. Е. Ферсмана, но и вводит школьников в мир геологических идей, знакомит их с прошлыми и современными достижениями геохимии, минералогии, учения о полезных ископаемых.

Книга поможет углубить и расширить знания, полученные учащимися при изучении школьного курса физической географии.

- Рудольф Баландин
  - ВВЕДЕНИЕ
  - ПОДЗЕМНЫЕ ТАЙНЫ
  - РАЗНОЦВЕТНЫЕ КАМЕШКИ
  - ЮНЫЙ НАТУРАЛИСТ
  - ВЕРНО ЛИ ВЫБРАН ПУТЬ
  - УЧИТЕЛЬ
  - УНИВЕРСИТЕТ
  - ПЕРВАЯ КОМАНДИРОВКА
  - ДИАМАНТ
  - ВПЕРВЫЕ В МИРЕ…
  - «ПРИРОДА»
  - НА УРАЛЕ
  - КОРА ВЫВЕТРИВАНИЯ
  - КЕПС
  - СОВЕТСКИЙ УЧЕНЫЙ
  - ЗАПОЛЯРНАЯ ЭПОПЕЯ
  - «ВРЕМЯ»
  - СРЕДНЯЯ АЗИЯ
  - РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОХИМИЯ
  - КОМПЛЕКСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОХРАНА НЕДР
  - КАМЕНЬ И ЧЕЛОВЕК
  - ГЕОХИМИЯ (ТРАДИЦИОННАЯ)
  - ГЕОХИМИЯ (НОВАТОРСКАЯ)
  - УВЛЕКАТЕЛЬНАЯ, ПРЕКРАСНАЯ И РАДОСТНАЯ НАУКА
  - ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- notes
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
  - 6
  - 7
  - 8
  - 9
  - 10
  - 11
  - 12
  - 13
  - 14
  - 15
  - 16
  - 17
  - 18
  - 19
  - 20
  - 21
  - 22
  - 23
  - 24

Рудольф Баландин
А. Е. Ферсман

ВВЕДЕНИЕ

Академик Ферсман — выдающийся человек современности, великий патриот, образец ученого сильной мысли, могучего таланта, самоотверженной преданности науке и плодотворного служения ей.

Д. С. Белянкин

Чтобы изучать жизнь пашей планеты, приходится много путешествовать, переносить трудности, лишения; для этого требуются мужество, сильная воля, выносливость.

Еще более необходимы знания — самые разнообразные: об атомах и планетах, о живых организмах и природных водах, о минералах и деятельности человечества.

А еще надо любить камень, удивительное создание природы. Он не наделен жизнью, но все-таки рождается, растет, борется за существование, имеет в подземном мире своих родственников, спутников и неприятелей… Не наделенный жизнью в нашем обыденном понимании, камень живет по-своему, необычайно и непривычно по сравнению с животными или растениями.

Жизнь камней проходит преимущественно в глубинах земли, на дне морей, в пещерах, в огненных жерлах вулканов… Познать ее нелегко. Однако тому, кто научится проникать мыслью в потаенные недра планеты, открывается замечательный мир. Об этом хорошо сказал М. В. Ломоносов:

«Велико есть дело достигать во глубину земную разумом, куда рукам и оку досягнуть возбраняет натура, странствовать размышлениями в преисподней, проникать рассуждением сквозь тесные расселины и вечною ночью помраченные вещи и деяния выводить на солнечную ясность».

Таким превосходным умением «выводить на солнечную ясность» тайны подземного мира в полной мере обладал Александр Евгеньевич Ферсман.

Миллионам читателей он известен как великолепный популяризатор геологических знаний, умеющий ярко, увлеченно, образно рассказать о минералах и горных породах, о невидимой глазу жизпи земных недр, где в вечной темноте рождаются и растут прекрасные кристаллы, о работе геолога и познании Земли.

Немало книг и статен Ферсмана адресовано юным читателям.

Для многих юных геологов и краеведов он был и продолжает оставаться первым учителем природоведения, минералогии, геохимии.

О научных достижениях А. Е. Ферсмана и его специальных трудах по кристаллографии и другим наукам о Земле знает сравнительно ограниченный круг люден. Представители разных геологических специальностей нередко используют в своей работе открытия и гипотезы Ферсмана, опираются на его научные достижения. Но даже нс все специалисты более или менее полно знакомы со многими гранями научного творчества Ферсмана, относящимися к разнообразным областям знания.

…Наука, как и все живое, постоянно обновляется. Но прежние достижения не упраздняются, а входят составными частями в современные теории и гипотезы. Так, новые ветви дерева появляются не за счет отмирания старых, а на них и из них. Поэтому знакомство с историей пауки есть одновременно и путь к познанию современных научных достижений и предвидению будущих открытий.

В незримом потоке научной мысли совершенно новые идеи появляются чрезвычайно редко. Обычно идет обновпение и осмысление более плп менее старых взглядов, которые прежде оставались в тени, не пользовались популярностью.

Но творчество Ферсмана — не только достояние истории науки. Многие его идеи остаются удивительно актуальными, современными, очень перспективными, — над ними еще придется потрудиться ученым. А для юных природоведов Ферсман всегда будет мудрым наставником в мире знаний, а его жизнь примером яркого творческого горения, полной самоотдачи, мужества, честности, любви к природе и к людям.

ПОДЗЕМНЫЕ ТАЙНЫ

Камень владел мною, моими мыслями, желаниями, даже снами.

А. Е. Ферсман

Александр Евгеньевич Ферсман родился в Петербурге 8 ноября 1883 года.

Отец, Евгений Александрович, прежде чем поступить на военную службу, занимался архитектурой, увлекался историей. Мать, Мария Эдуардовна Кесслер, интересовалась естествознанием, хорошо рисовала. Это была обычная интеллигентная семья России конца XIX века.

Ничего как будто не предвещало появления в такой семье человека, который в конце своих дней признается, что через всю свою жизнь пронес любовь к камню — к самоцвету, куску простого кварца, обломку черной руды, научился языку горных пород и кристаллов; познал многие тайны существования, зарождения и гибели минералов, сроднился с их природой, таинственной и скрытной, с их великими законами гармонии и порядка.

Александр Ферсман был подвижным, жизнерадостным, впечатлительным ребенком. В Петербурге, где жила их семья, повсюду камень: каменные парапеты, берега рек и каналов, каменные дома, крепости, дворцы, каменные мостовые, тротуары, мосты, каменные колонны, постаменты, скульптуры. Но, подобно всем горожанам, Ферсманы воспринимали камень только в связи с архитектурными сооружениями, памятниками искусств. Камень как природное тело, как порождение земли их не интересовал.

Главным «учителем геологии» стала для Александра Ферсмана природа. Он обратил внимание на камни в Крыму, недалеко от Симферополя. Сюда Ферсманы приезжали летом к Александру Эдуардовичу Кесслеру, ученому-химику, брату Марии Эдуардовны. Дом его сохранился до наших дней. Он расположен на речной террасе, примыкающей к склону небольшой горы. Невдалеке проходит Симферопольское шоссе. К югу оно поднимается па перевал, чтобы затем пологими зигзагами спуститься к морю.

Вместе со своими сверстниками Александр Ферсман играл в саду, забирался по заросшим лесом крутым склонам на гору, подолгу сидел на берегу речки, наблюдая за ящерицами и черепахами. Он впервые заметил, что камни, лежащие повсюду,

очень разные по форме, цвету, прочности.

Изредка попадались кристаллики горного хрусталя. Их выковыривали ножичком. Стальное лезвие не оставляло царапины на их гранях. Просто удивительно, как могли появиться в камне такие прозрачные граненые призмочки, словно выточенные рукой мастера!

Объяснить эту загадку дети не могли. Вспоминались волшебные сказки о неведомых подземельях, где скрыты несметные сокровища: бриллианты, изумруды, рубины, сапфиры.

Старшие одобряли их увлечение. Рассказывали детям о минералах, об их применении в строительстве, использовании в производстве, ювелирной обработке. От строгого дяди-профессора Александр Ферсман с удивлением узнал, что самая обыкновенная поваренная соль — это минерал галит. Дядя, оказывается, сам получал некоторые минералы, выпаривая их из растворов. Он показывал сосуды, в которых находились кристаллики, и пояснял, что эти камешки растут.

Это было и вовсе странно: неживые камни могут расти, как цветы, как ягоды или фрукты. Однако дальнейшие пояснения профессора были слишком сложны для ребенка.

Для детей камни оставались забавой, развлечением. С возрастающим азартом старались они отыскать особо крупные, прозрачные, хорошо ограненные кристаллы. Прослеживали белые жилки, пересекающие скалистые выступы. В этих жилках и встречались порой кристаллики, торчащие щеточками, спрятанные в каменных гнездах.

На чердаке дома ребята неожиданно обнаружили коллекцию камней. Вымыв и вычистив камни, с удивлением увидели среди них не только красивые самоцветы, но и самые обыкновенные грязно-серые или белые «булыжнички». На них тоже были наклеены этикетки с номерами.

В сриске, приложенном к коллекции, номерам соответствовали названия: полевой шпат, кварц, боксит… Значит, любые камни имеют свои имена. Любые!

С той поры камни для него перестали бтлть безликими.

Он еще не мог определить пх названия, но знал наверняка: безымянных камней ист.

Неведомое имя камня было свидетельством тайны. Но той сказочной, необычной, а другой, доступной для некоторых людей. Повсюду, где есть камни, присутствуют сказки и тайны… Ощущение неведомого сохранил он навсегда. Без этого ему вряд ли удалось бы стать выдающимся ученым.

РАЗНОЦВЕТНЫЕ КАМЕШКИ

Первое и последнее, что требуется от гения, это любовь к правде.

Красота есть проявление тайных законов природы, которые без ее явления оставались бы для нас навсегда скрытыми.

Пора детства минует быстро. Однако память о нем человек сохраняет на всю жизнь.

А. Е. Ферсман в нескольких книгах ярко описал отдельные события своей жизни. Его детские и юношеские воспоминания отрывочны — короткие эпизоды. Как разноцветные камешки, образующие мозаику, они складываются в единую картину становления юного натуралиста-геолога.

Не будем пытаться восстанавливать последовательно и сколько-нибудь полно эту картину. Вспомним только несколько эпизодов.

Евгения Александровича назначили военным атташе и Греции. Теперь семья Ферсманов многие месяцы стала проводить за границей.

…Саша Ферсман с отцом осматривают огромный константппопольский храм св. Софии — мечеть Ай-София.

Купол здания уходит ввысь, едва ли не в поднебесье. Отец, кивнув на колонну, возле которой они остановились, шепотом сообщает, что она — из полированного зеленого мрамора, привезенного сюда из Македонии.

Отец идет дальше. Саша скользит за ним, как на лыжах: у него на ногах большие войлочные тапкп, обязатольттъте для каждого посетителя. Отец подходит к стене, реповой, как вечерняя заря: «Это тоже мрамор. С Пртцевых островов».

Позже они Проплывали мимо Принцевых островов и отец в бинокль показал Саше горы, где темнели какие-то пещеры, ямы, обрывй, и сказал: «Это ломки мрамора».

Каким-то волшебством веяло на ребенка от слова «мрамор». Чудесный камень: то серовато-зеленый, как море, то розовый, как небо на закате…

Морской берег в Греции, недалеко от Афин. Берег усыпан серой, облизанной волнами галькой. Мальчик забавляется, бросая камешки в воду.

Его поразили слова отца, что это все — мрамор. Камешки

мрамора. Того самого мрамора, из которого построены знаменитейшие храмы афинского Акрополя.

Саша отбирает лучшие камешки, бережно кладет их в коробку и хранит как драгоценность.

Мраморные колонны, ступеньки, лестницы. Они изъедены временем, полуразрушены. Подумать только: им более двух тысяч лет!

Отец указал Саше на табличку. Она строго запрещала брать отсюда хотя бы один кусочек камня. «Имей это в виду, Саша», — многозначительно сказал отец.

А повсюду лежали обломки мрамора: искристые на сколах, чуть просвечивающие на тонких гранях. И пока отец восхищенно осматривал руины храма Эрехтейона, Саша успел высмотреть и ловко спрятать в карман три обломочка мрамора разных цветов.

Мрамор и впредь будет представляться ему камнем особенным, многоликим, соединяющим в себе все сразу: древнюю архитектуру и скульптуру, геологию и горпое дело, гений человека и безграничную фантазию природы…

В Венеции на тротуаре Саша подобрал осколки разноцветного стекла. Присоединил их к своей коллекции камней.

Мать возразила, зачем нужны блестящие стекляшки?

Стыдно собирать стеклянный мусор.

Почему она так строга? Разве она не видит, что эти осколки сияют ярче самоцветов? И какая разница, кто создал камень — человек или природа?

На чешском курорте Карлсбад Мария Эдуардовна лечилась минеральными водами от врожденной болезни печени (болезнь эта передалась и ее сыну).

В этом городе для Саши самое большое удовольствие — пройтись по магазинам, где в стеклянных витринах встречались чудесные образцы горного хрусталя, словно выточенные из чистого льда, игольчатые кристаллы с металлическим блеском, золотисто-желтые кубики, отливающие разными цветами, массивные обломки…

Возле них лежали маленькие этикетки с указанием цепы. Оказывается, у минералов есть не только названия, по и цена, порой немалая, хотя далеко не все камни драгоценные.

Он использовал всякую возможность, чтобы накопить деньги для покупки минералов. А сколько было пролито слез над прозрачным, как бы маслянистым кристаллом кальцита, когда он выскользнул из рук, упал на булыжник и разбился! Видно было, что обломки остроугольные, как и кристалл, но потрескавшиеся, некрасивые.

Мать постаралась разъяснить ему, что у кристаллов бывают

особо уязвимые плоскости, вдоль которых от удара расходятся трещины, отлетают осколки. Это свойство называют спайностью.

А Саша про себя проклинал эту гадкую спайность, изаа которой ломаются и крошатся прекрасные камни…

Крымская степь. Четверка лошадей мчит по пыльной дороге большой рыдван. В нем — Саша Ферсман. Его везут в Евпаторию, на соленые озера, принимать целебные грязевые ванны.

Над степью поднимаются столбы пыли — смерчи: подвижные колонны, подпирающие небеса.

Саша вспоминает горки белой и розовой соли, извлекаемой из озер. Дядя говорил, что это происходит постоянно, как сенокос или уборка хлеба. Кристаллики соли каждый раз вырастают снова…

Так ведь трава или колосья растут, потому что они живые. И сам Саша тоже растет. Ну как тут разобраться, если и соль тоже растет? Она же не живая…

А если она живая?

С годами экскурсии Саши Ферсмана за камнями становились все длительнее и протяженнее.

Одним из самых интересных мест были каменоломни Курцы, близ Симферополя. Здесь встречалось много ипте респых минералов. Возвращались из экскурсии согнувшись под тяжеленными рюкзаками, наполненными образцами.

Поразили пластинки «каменного картона», обнаруженные в трещинах твердого вулканического камня. Пластинки были волокнистые, упругие.

Даже взрослые не могли понять, что это за минерал.

И не удивительно. Он относился к малоизвестной группе палыгорскита и впервые был описан и назван Ферсманом двенадцать лет спустя после этой находки.

Вот рассказ А. Е. Ферсмана о том, как они в детстве собирали минералы:

«…Каждый кусочек скалы мы изучали и обследовали, как любимый участок сада. Глаз привыкал к взаимоотношениям цветов, редчайшим мелочам строения, к самым тонким жилкам, мельчайшим кристалликам. Мы даже пытались зарисовывать эти природные богатства. На на этих рисунках они выходили грандиозными. Кристаллы вырастали в дивные кристаллические щетки, и все делалось невероятно большим, прекрасным, ярким. Воображении наше усиливало все то, что давала нам сама природа».[1]

Это увеличительное стекло, этот магический кристалл воображения открывал ему замечательный мир минералов.

Но, кроме детской фантазии, были еще постепенно

крепнущие и расширяющиеся знания.

«Маленькие детские прогулки постепенно превращались в экскурсии. И одну из таких экскурсий мы совершили к берегам реки Алмы, где у деревни Саблы, как нам говорили, выходили на поверхность земли настоящие древние вулканы.

Ехать было далеко. Мы долго и тщательно готовились к поездке. И вот вновь перед нами открылся своеобразный мир камня: то в виде зеленоватых прослоек странного минерала, который мылился и носил название киля, то в виде кристалликов цеолита в пустотах древних лав, а вокруг в желтых песчанистых породах наше воображение поражали самые разнообразные ракушки. Это были остатки древних морей, населенных когда-то чудовищами, давно вымершими…»[2] Так воображение смыкало сказочные фантазии с самыми настоящими научными сведениями. Юный Ферсман становился не просто собирателем камней, но природоведом.

ЮНЫЙ НАТУРАЛИСТ

Не то, что мните вы, природа:
Не слепок, не бездушный лик
В ней есть душа, в ней есть свобода,
В ней есть любовь, в ней есть язык.

Ф. И. Тютчев

Обычно юными натуралистами называют ребят, интересующихся биологией. Это не совсем верно. Натурой называли в России природу. Значит, натуралист — это природовед: географ, биолог, астроном, геолог.

Настоящий натуралист любит и тонко чувствует природу. Но этого еще мало. Чтобы проникнуть мыслью в жизнь природы, требуются немалые знания. Они приобретаются не только при собственных наблюдениях. Имеются книги, рассказывающие то, что подмечено и понято сотнями, тысячами, миллионами людей. А еще есть методика исследований — научные правила, приемы, с помощью которых добываются знания. Если наблюдать природу и читать о ней беспорядочно, как попало, то проку от этого будет мало.

Юного Ферсмана никто специально не обучал методам геологических исследований. Ему случайно попалась старая коллекция минералов. Пока он пополнял ее только занятпыми или красивыми образцами, то еще не был натуралистом. Но вот он стал интересоваться названиями, особенностями минералов, стал отбирать их по определенным признакам. Это уже было использование научного метода, хотя и не вполне квалифицированное. В своих экспедициях он приобретал все больше геологических навыков.

Ферсманы переехали в Одессу, где Александр поступил в гимназию. Под Одессой пет такого богатства минералов, как в горном Крыму, но для настоящего любителя камня это не помеха. Александр просил родных и знакомых привозить ему минералы из других мест, при случае даже выпрашивал или выменивал заинтересовавшие его камни у друзей.

Необычайными «месторождениями» самых разных минералов и горных пород стали для него одесский морской порт и побережье Лапжерона. Из трюмов заграничных судов, приходивших в Одессу, выбрасывали каменный балласт, взятый в

Италии, Испании, Южной Америке, Австралии. Разнообразные камни, привезенные из разных стран, обтачивал морской прибой у берегов Одессы. Александр Ферсман находил здесь интересные обломки или окатанпую гальку, определял, что это за горные породы, какими слагаются минералами и откуда они могли попасть сюда. Чтобы выяснить это, приходилось просматривать книги не только по минералогии, но и по другим геологическим наукам, изучающим пласты горных пород, распространение отложений прошлых геологических эпох, окаменелые остатки вымерших животных и растений.

Когда Александру исполнилось 13 лет, отец подарил ему только что изданный двухтомный труд М. Неймайра «История Земли». В книге почти ничего не сообщалось о минералах и об их свойствах. Но интересно было читать о рождении гор, о давно исчезнувших морях и доисторических чудовищах, о геологической работе ветра, воды, ледников.

С радостью встретил Александр превосходное описание пещер Чатырдага горы, которая видна с веранды дома Кесслеров. Прочел он и о соляных озерах Крыма, виденных им ранее, с удивлением узнав, что на выпадение соли большое влияние оказывает погода. И в этом кристаллы похожи на живые растения!

Конечно, теперь Александр немало знал о происхождении минералов и горных пород, о жизни Земли. Регулярно вел записи своих геологических наблюдений.

«Несмотря на бесхитростность и необоснованность этих записей, они сослужили мне большую службу, когда в 1903 году я напечатал одну из первых своих научных работ — „Минералогия окрестностей Симферополя“», — писал позже А. Е. Ферсман.[3]

Он продолжал жадно слушать все, что говорили о науке, о ее достижениях, загадках А. Э. Кесслер и его друзья, тоже профессора химии П. Г. Меликошвили (Медиков) и А. И. Горбов. Многое было ему непонятно. Однако, находясь под впечатлением слов ученых, он представлял ничтожнейшие точечки атомов, которые объединяются в цепочки, гирлянды, слои молекул, налипая на грани кристаллов или, напротив, извлекая из них молекулы.

Меликошвили первым показал ему рентгеновский снимок — в то время такие снимки были редкостью. Оказывается, особые лучи, открытые Рентгеном, просвечивают толо насквозь, будто оно стеклянное. В голове мальчика рождались полые мысли, вопросы. Л Какие еще бывают лучи? Не могут ли они просвечивать насквозь каменные слои, высвечивать земные недра? А что такое капля, почему она круглая, а не угловатая, как кристалл? А нельзя ли достать хотя бы маленький кусочек

метеорита?..

Вопросов возникало много. На иные вопросы затруднялись ответить даже профессора. Не все объяснения были поттятны Александру Ферсману. А вот один «ответ» доставил радость: скромный милый Петр Григорьевич Меликошвили принес метеорит. Небесный камень, межзвездный скиталец, пришелец из неведомого космоса! Метеорит стал украшением коллекции. Впрочем, внешне он был совсем невзрачным, самым обыкновенным обломком. Ну и что из этого? Не самоцветы же летают в небе! И откуда бы им там взяться? Самоцветы зреют глубоко, в вечной темноте и ужасной тесноте горячих подземных недр. Они зроют очень медленно, — чудесные плоды Земли…

Нет, определенно у минералов есть что-то общее с живыми существами, пусть даже взрослые очень убежденно доказывают противоположное. Но как оспорить их доводы?

Для этого надо еще много учиться.

Камни стали для юного Александра Ферсмана источвиком новых мыслей и фантазий, кристаллы завораживали своей красотой. Ощущение загадочности и совершенства созданий подземного мира сохранилось у него на всю жизнь, пробуждая и поддерживая жажду познаттия.

ВЕРНО ЛИ ВЫБРАН ПУТЬ

Разобщение поэта и мыслителя — только видимость, и оно в ущерб обоим… Поэт постигает природу лучше, нежели разум ученого.

Новалис (немецкий поэт XVIII в.).

Александр Ферсман твердо решил изучать минералогию. В 1901 году, окончив гимназию, он поступил на физико-математический факультет Новороссийского университета и… очепь серьезно разочаровался в минералогии.

До сих пор он читал популярные книги по геологии.

В них увлекательно рассказывалось не только о минералах, по и о многом другом: как люди издавна старались проникнуть в земные недра и узнать их строение, какие выдумывали мифы и небылицы о Земле, как использовали минералы, какие занятные, а то и трагические истории связаны с алмазами, изумрудами, самородками золота.

Учебники и лекции по минералогии были другими: обстоятельные и скучноватые, насыщенные однообразными описаниями физических и химических свойств каждого минерала. Приходилось заучивать эти сведения, а на практических занятиях сопоставлять их с особенностями разных образцов.

Вскоре Ферсман признался самому себе, что минералогия ему не интересна. Он ошибся, выбрав такую специальность! Любуясь красивыми камешками, составляя минералогическую коллекцию, он испытывал радость. Минералогия представлялась ему волшебной наукой. «Сезам, откройся!» И сами собой разверзаются скалы, освобождая вход в подземелье, заполненное драгоценными, да и недрагоценными, но от того не менее красивыми камнями.

Но это детские мечты, иллюзии. Он просто еще не знал тогда, что такое минералогия. Стремился в неведомое и прекрасное, а очутился в известном, заурядном. Допустим, он вызубрит названия всех минералов, запомнит их свойства, научится безошибочно определять. А дальше? Что тут хорошего? Что может радовать, увлекать? Да и как выучить так много неинтересных сведений? Они не задерживаются в голове. Он хорошо и надолго запоминает только то, что его увлекает, успешно выполняет только ту работу, которая его радует. Наука должна вдохновлять,

а не вызывать дремоту.

И хотя он уже немало лет посвятил камням и очень неплохо в них разбирался, решил все же переменить специальность. Надо выбирать профессию желанную. Его призвание, как теперь выяснилось, не минералогия, а история…

Узнав об этом решении Александра, более всех возмутился Меликошвили. Изменить своим детским увлечениям?! Отказаться от таких замечательных наук, как минералогия и химия?! Нет, Александру следует наверстывать упущенное, упорно учиться, посещать лекции по естественным паукам!

Жизнь — это не решение учебных задач. Тут одной логикой не обойдешься, а цена подсказки сомнительна: в конце концов, каждый решает сам, каждый решает за себя. Никто не может знать о твоих склонностях, симпатиях и неприязнях лучше, чем ты сам. Петр Григорьевич прав. Но ведь сердцу не прикажешь! Выбираешь жизненный путь не только холодным рассудком, но более — движением души, велепием сердца…

…Ферсман позже признавался, что вряд ли он последовал бы совету Меликошвили: слишком разочаровали его сухие учебники и скучные лекции по минералогии.

Петр Григорьевич говорил, что минералогия чрезвычайно интересна. Она соединяет в себе химию, физику и геологию. Вот когда Александр освоит основы своей профессии, начнет читать специальные научные статьи и трактаты, тогда и узнает сущность минералогии. В Новороссийском университете преподают этот предмет по старинке. А вот в Москве знаменитый профессор В. И. Вернадский читает курс минералогии по-своему, и отзывы о его лекциях самые восторженные!

Подобные доводы не убеждали. Как бы ни преображалась минералогия, там, в далекой Москве, учиться от этого ничуть не интереснее, тем более когда нравятся другие науки…

И вдруг все изменилось. Отец сообщил, что его переводят служить в Москву. Александр теперь будет учиться в Московском университете. Это было, как тогда говорили, веление судьбы.

УЧИТЕЛЬ

Нет ничего сильнее жажды познания, силы сомнения…

Это стремление — есть основа всякой научной деятельности.

В. И. Вернадский

Ферсман робко входит первый раз в минералогический кабинет Московского университета. От волнения не может говорить. Профессор Вернадский строго смотрит на него сквозь очки (заметим, что профессору тогда было 40 лет).

Выяснив, что перед ним новый студент, Вернадский направляет его в минералогическую лабораторию, к Павлу Карловичу Алексату. Тот оказался еще более строгим: указал новичку его стол — в углу, возле печки, и вручил охристо-желтый кусок минерала ярозита, добавив:

«С острова Челекен». Все еще смущенный, робеющий студент принялся изучать образец.

На следующий день в лабораторию зашел Вернадский.

Негромко поздоровался и стал подходить к каждому по очереди: «А что у вас?» Ферсману сказал: «Ярозит — минерал очень интересный. Содержание некоторых элементов в нем сильно варьирует. Например, алюминия и кальция.

Безусловно, это связано с составом тех минеральных масс, при выветривании которых образовался ярозит. Но должны были играть немаловажную роль и подземные воды. В этом вопросе еще много неясного».

Через несколько дней Ферсман убедился, что строги его новые преподаватели более всего к самим себе и к тем, кто не увлечен наукой. Обстановка в минералогическом кабинете была дружеской, радостной.

Конечно, студенту необходимо прежде всего огладевать впаниями, учиться проводить анализы. Но все-таки так едорово, когда перед тобой минерал, о котором еще многое остается неизвестным, и его историю предстоит расшифровывать так же, как археологам — загадочные письмена давно исчезнувших народов…

Лекции Вернадского произвели на Ферсмана двойственное впечатление. Они не отличались ораторским мастерством, броскими фразами, остроумными отступлениями. Вернадский говорил негромко, спокойно, просто. Но от этого еще отчетливой,

ярче выявлялась новизна и красота идей, которыми он делился со слушателями.

Впервые открылась Ферсману истинная сущность минералогии. Прежде, во время бесед с учеными-химиками, будущее минералогии виделось ему в том, что она все более будет превращаться в химическую науку. В лабораториях, среди реторт и пробирок, химики будут поверять «алгеброй гармонию»: алгеброй точных экспериментовгармонию природных процессов.

Он полностью разделял мнение великого шведского химика Берцелиуса, высказанное еще в 1822 году: «Минералогия как учение о неорганических соединениях, составляющих наш земной шар, является лишь частью химии, на данных которой она всецело и исторически основывается». И когда Ферсману говорили о новаторском курсе минералогии Вернадского, то имели в виду именно такой подход, воплощающий пророческую мысль Берцелиуса.

Действительность оказалась иной. Да, в начале своей научной деятельности Вернадский придерживался идеи включения минералогии в химию. Нужен был приток новых, основанных на экспериментах достижений бурно развивающейся химии в традиционную описательную минералогию. Однако теперь ситуация изменилась.

Вернадский по-прежнему утверждал, что существует теснейшая связь между общей химией, изучаемой в научных лабораториях, и химией, которую изучают минералоги в природной лаборатории земной коры. Но есть и важное различие. Химия земной коры даст более грандиозную картину явлений. По сравнению с лабораторной химией эта картина отличается не только масштабами, но и необычайной сложностью. Химические закономерности и соответствия, наблюдаемые в мире минералов, еще пе вошли в круг изучения химиками.

Для минералогии, как и для геологии, наблюдения в поле, в природной обстановке — основной метод искания истины.

Ферсмана эти мысли ошеломили. Он ощутил, заново пережил детскую свою любовь к поискам камней, к дальним путешествиям за минералами. Нет, не только в пыли коллекций, среди справочников и не только в лабораториях призван работать минералог! Минералы необходимо наблюдать, изучать в природной обстановке, подобно тому как наблюдают зоологи жизнь и взаимоотношения животных, а ботаники — растений.

На лекциях Вернадского шла речь и о различиях существования минералов и живых организмов. Все живое обладает одним особым качеством неповторимостью.

Неповторима каждая особь, неповторим вид или сообщество.

За миллионы лет геологической истории пе было случая, чтобы вымерший вид возродился вновь. Эволюция жизни необратима.

В мире минералов господствуют замкнутые циклы, круговые системы химических изменений. Они постоянно повторяются. Минеральные виды древних эпох точно такие же, как более молодые или даже современные.

Минерал следует изучать на всех стадиях его существования, а не только тогда, когда он приобретает устойчивую структуру, становится «камнем». Надо постигать роль минерала в общей жизни Земли и его зависимость от внешней среды. Чем точнее такое знание, тем легче искать минералы, месторождения полезпых ископаемых…

И все-таки дело обстоит не так просто. Вернадский пе удовлетворяется определением наиболее общей закономерности. Мысль его идет дальше, глубже. Для некоторых минералов были эпохи «расцвета», широкого распространения. Например, для накопления калийной и поваренной солей особенно благоприятным временем был пермский период, а также более древний кембрийский и сравнительно молодая кайнозойская эра. Очень неравномерно в геологической истории накапливался и каменный уголь. Причины подобных явлений неизвестны.

Захватывающими были лекции Вернадского по истории развития физико-химических и геологических наук в повое время. Для него история науки не была подобием окаменелости, остающейся неизменной веками. Он утверждал: каждая эпоха по-новому осмысливает прошлое!

Воссоздание хода научной мысли было для Вернадского пе самоцелью. Он выяснял законы научного познания. История науки была для него орудием познания нового.

Он учил не просто науке или истории науки. Он стремился выработать у слушателей научное мировоззрение, особый взгляд на природу, основанный на фактах, опытах, наблюдениях, обобщениях.

Наука — коллективное творение. Опа созидается усилиями тысячей тысяч специалистов, и не только ученых.

Научпое знание развивается не в абсолютном пространство, а в определенной социальной среде, в неразрывной связи с другими проявлениями человеческого духа, с прогрессом техники и промышленности, с уровнем знаний и заблуждениями определенной исторической эпохи. И вновь проблема решается пе так просто. Научное творчество остается достоянием и достижением личности. Нс безликие, однообразные массы научных работников движутся по магистральным направлениям в мире знаний. Требуются яркие, одаренные, вдохновенные,

целеустремленные личности, идущие непроторенными путями, открывающие новое.

Идеи отдельных мыслителей оставались пе понятыми современниками. Порой проходили сотни лет, пока эти достижения становились достоянием науки, философии, техники. Новое знание вырабатывают не машины, а незаурядные, оригинальные личности. Так говорил Вернадский.

Мысли Вернадского не блестели ярко и быстро угасающе, как искры или падающие звезды. Они, словно семена, проникали в глубины разума и там расцветали. Они заставляли вновь и вновь обдумывать проблемы, сомневаться и искать, чтобы стать наконец твоими собственными, глубоко прочувствованными убеждениями.

Влияние Вернадского на Ферсмана было огромным.

В начале 1941 года, вспоминая зарождение в нашей стране учения о химической жизни Земли, Александр Евгеньевич говорил:

«Так складывались наши представления, скажем вернее, — наши научные мечты, когда тридцать лет тому назад, в старом здании Московского университета вокруг профессора В. И. Вернадского зажигался огонь новых исканий, полных веры в науку и жизнь.

И в стенах минералогического кабинета… зародились новые вехи новой науки и, вдохновляемые творческими порывами Владимира Ивановича, рождались и новые научные течения, и новые люди, и новые пути смелых исканий».[4]

УНИВЕРСИТЕТ

Вся история науки на каждом шагу показывает, что отдельные личности были более правы в своих утверждениях, чем целые корпорации ученых или сотни и тысячи исследователей, придерживавшихся господствующих взглядов.

В. И. Вернадский

Студенческая пора была для Александра Ферсмана одухотворена самостоятельными научными исследованиями, стремлением не только узнать известное, но и вторгнуться мыслью в неведомое.

В Московском университете Ферсман стал геологом.

И хотя учился там недолго (с 1903 по 1907 год), достиг очепь многого.

«Я окунулся, — писал он, — в мир глубокой и продуманной постановки новых научных проблем с тем философским подходом, который этим проблемам всегда давал В. И. Вернадский».

Уже в 1904 году вышла в свет первая научная работа Ферсмана. В этом же году он был избран секретарем минералогического кружка университета.

За годы учебы в университете Ферсман опубликовал семь научных статей. Он был всецело увлечен минералогией и запустил некоторые другие предметы. Но благодаря своим научным исследованиям смог закончить университет.

Он научился самостоятельно мыслить, и это помогало находить более или менее удовлетворительные ответы даже на те вопросы, с которыми не успел ознакомиться по лекциям или учебникам. А главное то, что не интересующие его курсы — скажем, ботаника — стали для пего неизбежными, хотя и докучттыми занятиями, приближающими момент перехода к самостоятельной любимой работе. Подобно этому однообразные многочисленные анализы открывают путь к интересным выводам, обобщениям.

Кстати, в университете он научился кропотливой лабораторной работе, многочасовым опытам, требующим длительной сосредоточенности, терпения, самодисциплины.

«Нашу пеструю семью, то целыми ночами выпаривавшую

химические растворы, то принимавшую бурное участие в студенческих сходках, объединял главный помощник В. И. Вернадского — Павел Карлович Алексат, строгий, сухой на вид. Под его руководством мы прошли блестящую школу. Чрезвычайно требовательный, он заставлял нас проверять анализы много раз, до тех пор, пока они не давали положительного результата», — вспоминал Ферсман.

В. И. Вернадский настаивал, чтобы его ученики систематически просматривали минералы, «набивая» глаз па сотнях, тысячах образцов, чтобы учились определять присылавшиеся в университет собрания камней и умели точно их инвентаризировать.

Это было время нелегкой работы, нередко продолжавшейся 13–14 часов в сутки. Ферсман вынес из этого периода самое важное в жизни — умение работать.

Но, как мы знаем, для Вернадского работа минералога была в значительной степени геологической, полевой, связанной с непосредственными наблюдениями природы.

Он очень большое значение придавал экскурсиям и экспедициям.

Ферсман с другими студентами-минералогами регулярно совершал экскурсии в окрестностях Москвы (прежде пределы города были значительно меньше нынешних). На каменоломне в Дорогомилове изучали кристаллы кварца и кальцита. В обрывах на берегу Москвы-реки у Хорошева наблюдали минеральные особенности окаменелых раковин аммонитов. Каменоломпя в Подольске открывала картины химической жизни известняков: их превращения в доломиты, окремнения, обогащения некоторыми минералами па контакте с лежащими выше глинами юрского возраста.

В Подольском карьере Ферсман обнаружил слоечки листоватого палыгорскита. И еще одна находка, удивительная. В трещинах нередко встречались мелкие сталактиты и сталагмиты, натеки известняка. А в одном месте они были зелеными!

Отобрали образцы. Провели химические анализы. Выяснилось: красящим веществом были соли никеля. Откуда они взялись?

Разгадка оказалась проста. Выше обнажения, на поверхности земли лежал железный лом с остатками никелевых изделий… Выходит, минеральные массы в этих трещинах возникали за последние десятки лет, а на химическом их составе сказалась деятельность людей.

…Пройдут годы, и Ферсман вновь вернется к изучению геологической деятельности человека. Теперь он уже будет

оперировать цифрами, многочисленными данными в масштабах всей планеты. Но как знать, не были ли студенческие впечатления тем первым толчком, который сдвигает мысль в определенном направлении, чтобы затем постепенно прийти к фундаментальным открытиям?

Ферсману очень нравились минералогические экскурсии. Вернадский в 1904 году, отправляясь в экспедицию на Украину, спутником своим выбрал Ферсмана и еще одного студента.

Путешествовали они по украинской земле весной, в пору обновления природы. Житомир, Бердичев, Полтавская губерния, Киевская… Трудно сейчас в полной мере восстановить детали этой поездки. По-видимому, исследовались преимущественно выходы очень древних гранитных массивов, где встречались вкрапления графита. Один из образцов графита в граните из Глуховцов (под Бердичевым) имелся в коллекции Московского университета. Подобные находки отмечались по р. Тетерев на Житомирщине.

Не исключено, что во время этих маршрутов Ферсман впервые глубоко задумался над подземной судьбой углерода. На юге Африки, например, углерод предстает в кимберлитовых жерлах драгоценными вкраплениями алмаза.

Но чаще он приобретает облик невзрачного, маркого графита. Что тому причиной? Влияние геологической среды, условий образования? А если возможны переходы алмазов в графит и графита в алмаз?..

Вернадский познакомил своих спутников с минералами почв и химическими особенностями знаменитого чернозема, который он изучал когда-то под руководством своего учителя В. В. Докучаева. И в душе молодого Ферсмана пробуждалось ощущение единства природы Земли во всех ее проявлениях. Опадающая белизна цветущих садов, жирные пласты чернозема — биокосного тела, неотделимо соединяющего в себе живое (корни растений, микробы, червей) и неживое, косное, минеральное, зернистая твердь гранита, поднятого могучими геологическими силами с многокилометровых глубин, выброшенного волнами времени из невообразимых далей миллионолетий.

Что общего между мимолетным, недолгим и вечным, между живым, биокосным и минеральным? А общее, оказывается, есть: при выветривании гранита образуются химические соединения и минералы, частично попадающие в почву, а из почвы — в растения. Но это еще не все.

Остатки растений возвращаются в почву, активно участвуя в ее химической жизни. В результате создаются новые соединения, проникающие в подземные воды и горные породы… Так

рождались новые идеи о круговращениях химических элементов и соединений, о непростых судьбах атомов на Земле и в земных недрах.

Невозможно более или менее достоверно восстановить ход и строй мыслей начинающего ученого Ферсмана. Однако именно в эти годы Вернадский разрабатывал основы геохимии, новой обширной области знаний. И Ферсману через несколько лет суждено будет стать одним из первых геохимиков…

Но пока еще все это не реализовано. В 1904 году Ферсман — не будем этого забывать — только приступал к научным исследованиям, был еще студентом-третьекурсником. Формально от него требовалось немного: проходить курс наук, определяемый программой университета.

И даже, заметим, минералогические экскурсии официально не входили в этот курс, а многие преподаватели считали их чудачеством Вернадского.

После окончания совместных маршрутов с Вернадским Ферсман направился в Крым. Там, по собственному признанию, «усердно экскурсировал» и в результате привез в Московский университет «довольно много» образцов.

В Минералогическом музее он не застал никого из коллег, так как вернулся слишком рано, 9 августа. На рабочих столах и на полу лежали груды образцов Румянцевской коллекции, доставленной в университет. И Ферсман, взяв помощника, принялся разбирать минералы.

Так он начинал работать: азартно, с полной самоотдачей. Так работал он всю жизнь, щедро растрачивая свою энергию.

Казалось бы, при такой увлеченности молодой ученый очеиь легко будет впадать в преувеличения и свои научные идеи не сможет оценивать критически. На это предположение можно найти ответ в письме Ферсмана Вернадскому, датированном 15 августа 1906 года. Как бы извиняясь, Ферсман сообщает: «Только попал в лабораторию — 2 недели болели глаза». И дальше: «Кончил статью о баритах… Получилось нечто скучное и растянутое… Хотя статья о палыгорските написана мной, тем не меиее я не решаюсь послать ее Вам, так как многое в ней является слишком смелым и недоказанным в характеристике палыгорскита как самостоятельного минерального вида».[5]

Очень важное признание: Ферсман действительно склонен к «слишком смелым и недоказанным» идеям. Но в то же время сам ясно это видит и учитывает. В двадцать три года он наделен не только способностью фантазировать и увлекаться, свойственной юности, но и умением сомневаться, критически оценивать свои и чужие идеи, приобретаемым обычно в зрелые годы.

Плодотворнейшее для научных исканий сочетание!

ПЕРВАЯ КОМАНДИРОВКА

Как ни совершенно крыло птицы, оно никогда не смогло бы поднять ее ввысь, не опираясь на воздух. Факты — это воздух ученого, без них вы никогда не сможете взлететь. Без них ваши теории — пустые потуги.

И. П. Павлов

По рекомендации Вернадского Ферсмана оставили при университете для подготовки к профессорскому званию (или, по-современному, в аспирантуре). Для повышения квалификации его направили за границу, где имелось более совершенное лабораторное оборудование, в частности для оптических и геометрических исследований кристаллов.

В лаборатории Гейдельбергского университета Ферсман вел кристаллографические исследования алмаза под руководством известного специалиста — В. М. Гольдшмидта.

Очень быстро трудолюбивый, аккуратный, упорный русский ученый завоевал уважение и доверие своего руководителя.

Ферсман, к удивлению пунктуальных немецких коллег, работал с утра до позднего вечера. В Доисках лучших образцов оп бывал в различных городах Германии. Перед ним проходили сотни, тысячи кристалликов алмаза. Целые россыпи драгоценных сверкающих камней. Отобранные кристаллы через банк отправлялись в Гейдельберг.

В лаборатории с «царем минералов» обращались по-деловому. Ферсман с помощью гониометра (угломера), усовершенствованного Гольдшмидтом, проводил бесчисленные измерения граней кристаллов.

Обычно подобная процедура, многократно повторяемая для одного минерала, не имеет большого значения. Еще Н. Стено открыл так называемый закон постоянства грапных углов: в кристаллах одного и того же вещества углы между соответствующими гранями неизменны. На этом законе основан один из методов определения минералов.

Однако углы все-таки могут меняться, если кристаллы данного минерала формировались при разных температуре и давлении. Вдобавок у алмаза грани очень часто округлы, как бы оплавлены, и во времена Ферсмана этому не было найдено удовлетворительного объяснения.

Ферсман детально обследовал и сами грани, зарисовывая все выступы и выемки на них, штриховку, фигуры растворения. Его подробнейшие записи и зарисовки накапливались.

Казалось бы, обычная работа кристаллографа. Сотни специалистов в разных странах проводили подобные измерения, не находя в них ничего особенного. Скучное, «нетворческое» занятие. А Ферсман предавался ему с такой самоотдачей, так неистово, будто каждый день сулил ему крупные научные открытия.

И открытия действительно были. Только не каждый день и не сразу. Научные открытия такого рода подготавливаются исподволь, неприметно, слагаясь из тысяч и тысяч опытов, замеров, наблюдений. Словно песчинка к песчинке, накапливаются новые факты до той поры, пока но появится огромный массив фактов.

Песчинки, образующие крупные скопления, начинают существовать по законам больших масс. Так возникают песчапые гряды или обвалы на крутых песчаных склопах.

«Горы» накопленных фактов в одних случаях подавляют мысль, мешая осмыслить сведения. В других — пробуждают глубокие идеи, обобщения.

Ферсман но был только лишь накопителем фактов. Он управлял ими, организовывал их, классифицировал, осмысливал. Вел научные поиски. Жаждал открыть закономерности изменения форм алмазов для того, чтобы затем восстановить условия образования кристаллов. Ведь главная загадка алмаза скрыта в недоступных глубинах планеты, там, где рождается этот очень твердый драгоценнейший минерал.

Стремление разгадать загадку природы, постоянная направленность к дальним, значительным целям научной работы помогали ему преодолевать трудности, вдохновляли. Без такого духовного подъема невозможно плодотворно трудиться в науке, да и в других областях тоже.

«Упорная работа по алмазу отнимала у меня до пятнадцати часов в сутки, — вспоминал Ферсман. — Лишь в отдельные дни удавалось вырваться и посетить каменоломни, рудники, фабрики восточной Германии, осмотреть музеи и главным образом большие партии драгоценных камней».

В летние месяцы он предпринимал длительные путешествия. Как бы увлеченно ни занимался измерениями кристаллов, это оставалось лишь частью его паучных интересов. Лабораторные исследования алмазов меркли перед безмерным величием лаборатории земной природы.

Во Франции он обследует гипсы Монмартра — знаменитой

обители молодых поэтов, художников, музыкантов, песчаники Фонтенбло, потухшие вулканы плато Оверпи.

В горах Швейцарии — рудоносные жилы. В Милане целый день проводит на крыше собора, наблюдая за работами по реставрации резьбы из мрамора.

Он быстро минует или очень бегло осматривает места, ради которых любопытствующие туристы пересекают океаны. «Я задумал поехать посмотреть мало кем посещаемые рудники Вольтерры, Соффионы, Тосканы, подняться на вершины каррарских Альп. Но главной целью своего путешествия я наметил остров Эльбу… минералы которого сверкали всеми красками во всех музеях мира».

Свой замысел он осуществил. Это не была легкая прогулка по курортным местам. Начался апрель, но в Италии еще шли холодные дожди со снегом. Ферсман — в летнем костюме, с рюкзачком за плечами, геологическим молотком в руке и в соломенной шляпе на голове — выглядел подозрительно и нелепо. Он сильно страдал от ˆхолода и сырости (не будем забывать и о его мучительной болезни печени). Вдобавок, когда оп переправлялся на Эльбу, бушевал шторм.

Затем начались его странствия по острову. В двуколке, пешком, карабкаясь по скалам, он изучал остров. Работал преимущественно в западной части острова. Отсюда «родом» знаменитые минералы Эльбы. Почему именно отсюда? Не потому ли, что здесь — гранитный массив?

В карьерах добывались оловянный камень, турмалин, горный хрусталь и поллукс — единственное природное соединение цезия и окиси кремния. Минералы находились не в граните, а в светлых пегматитовых жилах, рассекающих массив. Чем объясняется минералогическое богатство пегматитов при относительной бедности гранитов? Или пегматиты — это какое-то особое рудоносное вещество? Но откуда все-таки опо берется и почему рудоносное?

Вопросов было много. Наивно надеяться найти на них ответ тут же, на островке. Возможно, обоснованные варианты ответа появятся после того, как он в Гейдельберге исследует сотни образцов, которые оп выслал отсюда…

При всем своем неистовом научном темпераменте оп умел сдерживаться, обуздывать свою фантазию и не спешить со скороспелыми идеями. В конце концов даже самая верная идея останется сомнительной гипотезой до тех пор, пока не будет убедительно доказана. Например, идея естественного отбора была впервые высказана философом Г. Спенсером и биологом А. Уоллесом, но вошла в науку только благодаря трудам Дарвина,

доказавшего правильность идеи.

Возвращаясь в Германию, Ферсман совершил еще несколько нелегких горных маршрутов в Альпах, после чего в полном изнеможении добрался до Гейдельборга.

Из всех ярких путерых впечатлений крепче всего врезался в память гранитный массив Эльбы с пегматитовыми рудоносными жилами.

А в лаборатории Гольдшмидта вновь кропотливая работа с алмазами, а иногда, обычно в выходные дни, и с другими минералами. Пришла пора обобщать накопленные факты.

ДИАМАНТ

Да, тем творение прекрасней,
Чем нами взятый материал
Нам неподвластней:
Стих, мрамор, сардоникс, металл.

Т. Готье

Первая фундаментальная монография А. Е. Ферсмана «Алмаз» («Диамант», она была написана по-немецки) увидела свет в 1911 году. Создавалась она раньше, в 1907–1909 годах, в Гейдельберге (соавтором Ферсмана был Гольдшмидт). Поэтому книга свидетельствует о научных достижениях «аспиранта».

В этой работе очень велика описательная часть: перечисления многочисленных результатов лабораторных исследований. Исключительно хороши выполненные Ферсманом и ставшие классическими зарисовки кристаллов алмаза, световых картин, наблюдавшихся на гониометре.

Формально все это вполне достаточно для специальной научной работы. Однако Ферсман считал иначе. Публикация ценных фактических материалов сопровождалась теоретическими обобщениями. Уже в начале своей книги он высказывает идею тесной взаимосвязи кристаллографии, минералогии и некоторых других геологических наук, изучающих историю Земли:

«Кристалл неизбежно несет на себе следы предыдущих моментов своего существования, и по его форме, по скульптуре его граней, мелочам и деталям его поверхности мы можем читать его прошлое».[6]

В этих словах — объяснение удивительной работоспособности, настойчивости, упорства, которые проявлял Ферсман, наблюдая алмазы. Он расшифровывал фигуры граней, следы внешних воздействий па кристаллы так же, как Шерлок Холмс искал и разгадывал улики преступлений.

Труд ученого в этом смысле сходен с поиском детектива.

Слово «детектив» означает «раскрытие». А ведь ученый, собирая факты, стремился раскрыть тайны природы.

В монографии Ферсман подчеркивал и другую, эстетическую сторону своих наблюдений: «Описание кристалдцв — в своем роде самоцель, в том смысле, что наблюдатель и читатель могут познать таким образом богатство, красоту, многообразие и закономерность форм в природе».

Но по существу вся кппга пронизана стремлением воплотить теоретические идеи в практические мероприятия, ото стремление — одна из наиболее характерных черт Ферсмана как ученого. В его научном творчестве теория и практика неразрывны.

Вот и кристаллографические исследования алмаза. От описаний и зарисовок Ферсман переходит к теоретическим обобщениям. По его (и Гольдшмидта) мнению, плоские грани свидетельствуют о последовательном росте кристаллов, а округлые — результат частичного растворения.

Следующий этап обобщений — переход к выяснению природной обстановки появления алмазов. Как известно, они встречаются в уходящих на значительные глубины жерлах, так называемых трубках, заполненных особой породой — кимберлитом. Это синяя плотная глинистая масса, в которую вкраплены обломки и глыбы различных пород, в частности ультраосновных, обедненных окисью кремния и характерных для значительных глубин. Считается, что алмазы могут рождаться только при очень высоких давлениях (60–80 тысяч атмосфер) и температурах порядка тысячи градусов.

В начале нашего века высказывалось предположение, будто алмазы принесены из глубинных очагов — со 100 и более километров. Или другая гипотеза: алмаз рождается из угля при внедрении раскаленной магмы в угольный пласт (в некоторых кимберлитах встречаются обломки глинистых сланцев, а знаменитая африканская трубка Кимберли прорезает угленосные отложения).

По идее Ферсмана, в кимберлптовых трубках шли сложные процессы кристаллизации алмаза. При подъеме магмы трубки порой закупоривались и в них повышалось давление, что способствовало росту кристаллов алмаза.

А когда «пробки» прорывались, давление понижалось и кристаллы частично растворялись.

Стремясь как можно детальнее восстановить вероятные условия рождения различных кристаллов алмаза, Ферсман не ограничивался этим. Знание присхождепия полезного ископаемого помогает рационально организовать его поиски и разведку, давать обоснованные геологические прогнозы. Но не менее заманчиво па основе теоретических знании воссоздать в лаборатории условия, позволяющие искусственно синтезировать редкие природные минералы.

Ферсман и Гольдшмидт подготовили программу экспериментов по лабораторному выращиванию алмазов. Они начали проводить первые опыты. Результаты опытов были обнадеживающие. Однако эксперименты не были доведены до

конца в связи с окончанием командировки Александра Евгеньевича и возвращением его в Россию.

Высокий научный уровень первой монографии А. Е. Ферсмана не вызывает сомнений. Она была переиздана в 1955 году в серии «Классики естествознания».

Как отмечает известный советский геохимик А. И. Персльман, «основные положения классической монографии об алмазе сохранили свое значение и в наши дни».

Обратим внимание: монография названа классической.

И это понятно. Точные измерения, обобщенно огромного количества фактов, использование всех имеющихся по данному вопросу сведений, глубокие и оригинальные идеи — отличительные черты классического научного труда.

Но вот что интересно. Многие крупные ученые, едва ли не все биографы Ферсмана (в числе их и А. И. Перельман), относят его к ученым-романтикам. Не правда ли, противоречие очевидно? В самую романтическую пору жизни и деятельности, в молодые годы, ученый создает классическую работу. А в целом его творчество считают романтическим. Ссылаются, например, на такое признание ученого: «Тот, кто не занимался сбором минералов и поисками редких природных тел, не знает, что такое полевая работа минералога. Это скорее игра, азарт — открыть новое месторождение. Это дело удачи, топкого понимания, часто какого-то подсознательного нюха, часто дело увлечения».[7]

Впрочем, не будем забегать вперед. Вернемся к этому противоречию позже, когда получше познакомимся с творчеством Ферсмана. Только хотелось бы отметить одну оригинальную особенность изложения кристаллографии алмаза. В обычный научный текст местами врезаны отступления. Они напечатаны мелким шрифтом и начинаются с подзаголовка: «Аналогия». Например, описывается растворение кристалла алмаза. А затем: «Аналогия…»

И приведено сравнение этого процесса с размывом ручьем своего ложа: при круто падающем русле размыв идет по всему протяжению ручья, а при пологом лишь в верховьях, тогда как в нижнем течении преобладает накопление материала. Так и расплав, где рождаются алмазы, при слабой растворительной способности может на одних участках разрушать кристаллы алмаза, а на других — способствовать их росту.

Даже па одном и том же кристалле одна грань может иметь явные следы растворения, а другая — роста. За описанием этого явления вновь следует врезка: «Аналогия…» и приводится пример вихрей в реке, вызывающих сопряженно размыв и накопление осадков.

Подобные сравнения — прием литературный, привнесенный в научную монографию художественно мыслящим ученым. Предлагаемые аналогии лишены научной точности и строгости. Однако они создают в воображении читателя цельный образ явления.

Казалось бы, обстоятельнейшее исследование алмазов и, вдобавок, постоянные минералогические экскурсии не оставляли времени для других более или менее обстоятельных научных работ. И все-таки, как ни удивительно, молодой ученый написал еще полтора десятка статей, не относящихся к проблеме алмаза. Одна из них — «Материалы к минералогии о-ва Эльбы» — особенно значительна.

В этой статье верный ученик школы Вернадского не только дает детальные описания минералов Эльбы, но и стремится мысленно воссоздать условия их возникновения.

Он пишет о внедрении магматических масс, о перекристаллизации известняка в мрамор под действием повышенных температур, движениях по трещпнам горячих подземных рудоносных вод, откладывающих минералы. Позже последовало новое вторжение магмы несколько другого состава, а на ранее образовавшийся гранит стали активно воздействовать новые подземные растворы.

Все это было не просто изложение результатов полевых наблюдений и основанных на них гипотез, не просто мимолетный эпизод в его творческой биографии.

Если «Алмаз» как бы вершина его научных достижений па данном этапе, то статья, посвященная минералам Эльбы, — фундамент, первая ступень последующей замечательной серии работ о пегматитах.

ВПЕРВЫЕ В МИРЕ…

Внедрение идей физической химии в геологические дисциплины даст нам ту же живительную силу и смысл, которые дали идеи эволюции биологическим наукам.

И. Фост

В то время когда Ферсман занимался кристаллографией и минералогией в Германии, Франции, Италии, Московский университет становился мировым центром зарождающейся новой науки геохимии.

Истоки этой области знаний — в средневековых лабораториях алхимиков. А слово «геохимия» впервые было предложено швейцарским ученым Х. Шенбейном.

В 1842 году он писал: «Мы должны иметь геохимию, которая ясно должна направить свое внимание на химическую природу масс, составляющих наш земной шар, и на их происхождение… Время, когда это совершится, кажется мне не столь далеким».[8]

Последнее предположение оказалось слишком оптимистичным. Только спустя полвека американский ученый Ф. Кларк, обобщив многие тысячи химических анализов разнообразных горных пород и учтя распространенность последних, подсчитал атомарный состав земной коры. Так был заложен фундамент геохимии.

На этом фундаменте В. И. Вернадский построил величественное здание новой науки. Он использовал прежде всего достижения минералогии. Еще в конце прошлого века он начал разрабатывать учение о происхождении минералов, о совместном появлении минеральных ассоциаций (парагенезисе) генетическую минералогию. Затем он сделал следующий шаг: стал прослеживать судьбы и взаимные превращения химических соединений на Земле.

До Вернадского геологи изучали только твердые природные химические соединения, называя их минералами.

Лед минералоги изучали, а вода пх не интересовала, водяной пар тем более. Так было отчасти и потому, что исторически минералогия и кристаллография развивались совместно.

В генетической минералогии необходимо восстанавливать закономерности переходов газов в жидкости и твердые тела, растворения и охлаждения минеральных масс и т. д. Терялись

принципиальные различия между твердым, жидким и газовым состоянием земного вещества, охваченного вечными круговоротами. Все химические элементы и соединения, устойчивые в определенной природной обстановке, Вернадский предложил считать минералами. Это был переход к изучению истории атомов Земли, к новой науке — геохимии.

Вернувшись на родину, Ферсман стал работать ассистентом при минералогическом кабинете Московского университета. В 1909 году Минералогическое общество наградило его золотой медалью им. Антонова (она присуждалась молодым ученым за минералогические работы).

В 1910 году Ферсман был избран профессором Народного университета им. Шанявского (общественного деятеля, завещавшего свое большое состояние на организацию учебного заведения). Ферсман читал в нем лекции по минералогии и кристаллографии, проводил минералогические экскурсии в окрестностях Москвы.

Значительным в его жизни стал 1912 год. Он впервые посетил Урал, начал работу как популяризатор науки, прочел первый в мире курс геохимии.

Объем курса был невелик: пять двухчасовых лекций.

В них определялся предмет геохимии и прослеживались его исторические корни, сообщались основные сведения о химических элементах, их распространенности в земной коре, взаимодействиях в природных условиях Земли, перемещениях и круговоротах (миграции), об устойчивых продуктах химических реакций — минералах, о химических особенностях главных зон нашей планеты — от центрального ядра до атмосферы, об истории отдельных олементов (в их числе и редких: радия, урана, ниобия и др.) в геологическом прошлом и настоящем. Геохимию он считал частью химии космоса.

О содержании этого курса лучше всего судить по статьям Ферсмана, опубликованным в журнале «Природа» в 1912–1914 годах. Дело в том, что на своих лекциях Ферсман никогда не читал написанный текст, а ярко и вдохновенно рассказывал слушателям, именно рассказывал с необычайной выразительностью. Записать его лекции целиком, дословно никто из учащихся не старался. А в своих популярных статьях он безусловно давал волю воображению, добивался литературной образности изложения.

Статьи эти написаны вдохновенно. Они прекрасно читаются и теперь, спустя семь десятилетий.

Ферсман пишет, что минералогия выходит из стен научных кабинетов и музеев к необъятной лаборатории Земли. Каждый

камень изучается как свидетель длительных природных процессов, химической истории и современной жизни земной коры.

Минералы лишь временные, не вечные продукты химических земных реакций. Глубоко в недрах застывают очаги раскаленных магм. Из глубин на поверхность вырываются огромные объемы газовых струй, горячих вод и пара.

Вода и воздух постоянно разрушают горные породы. Одновременно идет перенос материала и накопление осадков.

Живые организмы активно включены в эти процессы.

И повсюду на земной поверхности и под землей безостановочно идет величественная, разнообразная и во многом непознанная работа природной физико-химической лаборатории.

Некогда биологам виды животных и растений представлялись неизменными. Теория биологической эволюции опровергла этот предрассудок. Были обнаружены законы превращения, изменений органического мира. Так и геохимия раскрывает тайны изменений, своеобразной жизни неорганического мира, где свои законы естественного отбора, превращений и смерти.

«Изучение истории существования и переходов элементов в земной коре вот одна из главных задач геохимии». Она изучает всю физико-хпмическую обстановку, где протекают земные реакции, количественное распространение и роль отдельных элементов, законы их совместного нахождения в природе.

Например, судьба хлора и фтора прослеживается геохимиками от глубин земной коры, где опи содержатся в минералах, возникших при застывании магмы. Однако значительная их часть прорывается в виде летучих соединений сквозь толщу пород, перекрывающих магматический очаг, по трещинам и полостям.

Большая часть фтора осаждается из горячих подземных источников, образуя в рудных жилах и трещинах скопления прекрасного минерала — флюорита. Небольшао количества фтора вырываются на поверхность вместе с другими газами в вулканических областях. Недолги странствия фтора по земной поверхности. В воде он поглощается живыми организмами и оседает, входя в состав раковин, костей.

Иная история у хлора. Его лсгкорастворимые соли очень подвижны. Накапливаясь в трещинах и пластах, хлористые соли легко вновь переходят в растворы и выносятся в океаны. Хлор — элемент-скиталец.

Ферсман описывает геологическую историю йода и брома, углерода и азота, радиоактивных элементов. Подчеркивает невыясненность некоторых проблем, так как «здание молодой

геохимии только строится. Много вопросов поднято, немало дано па них ответов. Мне кажется, что часто правильно поставленный вопрос более мощно двигает науку вперед, чем сотня неудачно построенных и малообоснованных ответов».[9]

Интересных, перспективных вопросов в первых геохимических работах Ферсмана поставлено немало. К ним он будет возвращаться вновь и вновь до последних дней своей жизни. Но — такая уж особенность научного знания — со временем они расширяются, усложняются и поныне остаются исключительно актуальными и пе раскрытыми до конца. С необычайной прозорливостью Ферсману удалось выявить целый ряд фундаментальных проблем геохимии. Вот некоторые из них.

1. Влияние изменений температуры и давления па химическую жизнь Земли. Как следствие этих влиянии существование концентрических оболочек планеты (геосфер), каждая из которых имеет свою геологическую историю.

2. Сложнейшие геохимические процессы, протекающие на земной поверхности с участием мельчайших коллоидных частиц, имеющих большое значение «в экономии природы».

3. Превращения (метаморфизм) осадков, постепенно погружающихся на все более значительные глубины и шаг за шагом, поэтапно меняющих свой облик.

4. Великая геохимическая деятельность живых организмов и человека, особенно активная па земной поверхности.

Ферсман подчеркивает принципиальное термодинамическое различие между процессами живой и неживой природы. «Вся история земли говорит нам об упрощении природных соединений, о накоплении таких тел, внутренние запасы энергии которых были бы наименьшими.

В противоположность этому живая природа стремится накопить энергию и связать ее силы в сложных, громоздких молекулах органических веществ. Органический мир — дитя солнца, и живет он за счет солнца, превращая его лучи в формы живой материи».[10]

Иначе говоря в неживой природе преобладает рассеивание энергии, упрощение структур, стремление к равновесию, покою. А жизнь — это накопление энергии, усложнение, обновление, неустойчивость и ее постоянное сохранение, устремленность к новым рубежам, к освоению новых пространств, веществ, интервалов времени.

И в той же области жизни (биосфере) могучим химическим деятелем выступает человек. Он все грандиознее развивает природные химические реакции и производит новые, доселе неведомые. Сжигание угля и нефти, накапливаемых в течение

долгих геологических эпох, гигантские стройки, распашка почв, добыча и обработка горных пород — могучие факторы химических превращений.

«Наука и техника научили человека не только завладеть запасами мировых сил, но и сохранить и аккумулировать их в таких формах, которые дают возможность использовать их когда и где угодно… Тысячами способов аккумулирует человек запасы природных сил, вся деятельность его неустанно и упорно направлена на образование соединений с большим запасом энергии».

Особенно интересны, поучительны и актуальны заключительные слова Ферсмана в статье «Химическая жизнь земной коры», ничуть не поблекнувшие за прошедшие десятилетия: «Всюду один и тот же закон природы — глубокая связь каждого явления и каждой системы с окружающими условиями, постепенная замена одних равновесии другими, смерть как превращение в новые устойчивые формы и как зарождение нового, лучшего будущего. В этом заключается вся сущность и глубина законов природы, закона эволюции, борьбы за существование, естественного отбора, вся сложность химических превращений и физических процессов, наконец вся жизнь человека с ее постоянной борьбой и постоянными исканиями».

«ПРИРОДА»

Необходимо, чтобы составление популярной литературы составляло общественную обязанность каждого научного работника, которой он должен учиться и которая очень трудна.[11]

А. Е. Ферсман

О значении основанного в 1912 г. общедоступного естественнонаучного журнала «Природа» в творчестве А. Е. Ферсмана можно судить по приведенным выше отрывкам из его первых популярных статей.

С годами у эмоционального молодого ученого как бы накапливался потенциал невысказанных образов, мыслей, фраз, которым по давней традиции не предоставляется место в специальных научных трудах.

Обычно считается, будто стиль научного исследования должен походить на сухой, бесстрастный протокол судебного заседания. Требуется, мол, только с предельной точностью изложить факты и вывести единственно верное, логически безупречное решение. Однако природа бесконечно сложнее любых наших представлений о ней. Ученый ие изрекает истины, а лишь приближается к ним. Научное творчество — это проявление личности, как и любое другое творчество.

Чтобы выработать новое знание, требуется полное напряжение сил. Надо в чем-то превосходить других ученых, занятых разработкой тех же проблем, обогатить науку новыми идеями, новыми фактами, методами исследовании, постановкой новых интересных проблем. Чтобы достичь этого, приходится либо рассчитывать на счастливое стечение обстоятельств, неожиданное озарение, либо развивать свои способности, трудиться, использовать различные пути для достижений нового, неведомого.

Один из таких путей предоставляет научная популяризация. Специалист, стремясь наиболее ярко, увлекательно, доступно рассказать о новых научных достижениях в своей области, вынужден отступить от привычного научного изложения. Он как бы смотрит на научные проблемы со стороны, с иной точки зрения. И эта новизна взгляда помогает ему по-новому осмысливать материал, испытывать новые чувства, приходить к

новым мыслям. Пусть они не всегда очень убедительны и доказательны. В дальнейшем их можно проверить, исправить, разработать.

Вот почему, по моему мнению, увлекшись популяризацией науки в журнале «Природа», Ферсман не только обогащал читателей полезной, интересной информацией, но и обогащал себя как ученого. Вдобавок у него выявился незаурядный талант литератора.

Сила воображения нужна хорошему ученому не меньше, чем поэту. Мыслителю, вторгающемуся в неизвестное, требуется вообразить нечто такое, что не воображал еще до него никто. А популяризация, художественное осмысление научных проблем безусловно развивает воображение, тем более когда автору приходится совершать мысленные путешествия в толщи горных пород и в подземные раскаленные очаги магмы, достигать центра Земли, углубляться в мкллионолетия прошлого, прослеживать причудливые пути атомов…

За первые четыре года сотрудничества в «Природе» Ферсман опубликовал в журнале около ста статей! Значит, популярные работы писал он с удовольствием. Это видно и по стилю статей. Так может писать только человек талантливый и вдохновенный.

НА УРАЛЕ

В каждом камне написана его история, надо только суметь ее прочитать.

А. Е. Ферсман

Летом 1912 года Ферсман работал на Южном Урале в районе Златоуста, Миасса, Челябинска. Об этих краях, как принято у геологов, Ферсман заранее собрал множество сведений. Не только о тамошних минералах и геологических условиях, но и об истории освоения и изучения природных богатств.

Он и прежде изучал уральские самоцветы в различных коллекциях и образцах. И все-таки встреча с минералами в природной обстановке, в копях на склонах невысоких Ильменских гор произвела на него огромное впечатление.

В особенности восхитили раскопы амазонита — зеленовато-голубой редкой разновидности широко распространенного полевого шпата — микроклина.

«И хотя мне приходилось видеть и раньше много месторождений цветных камней, — признавался Ферсман, — на солнечном юге, на острове Эльбе, в угрюмой Швеции, на Алтае, в Забайкалье, Монголии, Саянах, — но нигде меня не охватывало такое глубокое чувство восхищения перед богатством и красотой природы, как на этих амазонитовых копях. Глаз не мог оторваться от голубых отвалов прекрасного шпата, все вокруг было засыпано остроугольными обломками этого кампя, которые блестели на солнце…

Красоту этих копей составлял по только сам амазонит с его прекрасным сине-зелепым тоном, но и сочетание амазонита со светлым серовато-дымчатым кварцем, который как бы закономерно прорастает полевой шпат в определенных направлениях, создавая причудливый рисунок… Разнообразны и своеобразны эти рисунки, и невольно стараешься прочесть в них какие-то неведомые нам письмена природы.

Здесь впервые на отвалах Стрижевской копи у мепя зародилось желание раскрыть законы прорастания кварца и полевого шпата в пегматитах. Я стал присматриваться к этим росткам серого кварца, которые, как рыбки, прорезали голубые амазопиты, и искать законы их формы и срастания».

Многие часы проводил Ферсман в Ильменских лесах, переходя от копи к копи. Беседовал со старожилами,

добытчиками камней — горщиками. Подолгу, порой до ночи, просиживал на отвалах, изучая кристаллы топаза, кварца, амазонита, слюды. Упорно разгадывал прекрасные и загадочные «письмена природы». Вспоминал аналогичные пегматитовые жилы Эльбы. Отмечал особенности уральских минералов. Напряженно продумывал возможные варианты образования таких минералов и их сочетаний.

Вновь и вновь он мысленно восстанавливал этапы кристаллизации полурасплавленных масс пегматитов, прорезавших гранитогнейсы. При температуре 800 °С начинался этот процесс. Постепенно температура понижалась и кристаллы полевого шпата достигали гигантских размеров.

Вместе с ними кристаллизовался дымчатый кварц.

Он заносил в дпсвник не только свои наблюдения и научные догадки. Появилась там и фантастическая картина далекого будущего, когда этот дремучий уголок преобразит человек: поднимутся красивые здания курорта, повсюду будут построены дороги, врежутся в скалы гор штольни, и не только добыча полезных ископаемых, но, главное, познание недр будет интересовать геологов. А затем знаменательная приписка: «Картина будущего — она нужна для науки, для торжества промышленности, культуры, прогресса, но нс потеряется ли красота Ильменских гор с их дикостью и вместе с тем привлекательвостью, красота того целого, в котором неотделимы и заброшенные копи с отвалами, в которых роется хитник, и скверные горные дороги… и незатейливый костер с чайником на обломках голубого амазонита? В глубоком жизненном сочетании всего этого создается настоящее, и мне жалко хотя бы мысленно расстаться с ним, ибо в нем не только поэзия и красота нетронутой целины, но и великий стимул к работе, творчеству, овладению природой и ее тайнами».

А нам теперь в этих словах нетрудно усмотреть еще и предчувствие будущего Ильменского заповедника — первого в мире заповедника минералов. Но этому еще суждено случиться через восемь лет — и каких лет для страны! — уже при Советской власти.

И все-таки Ильменские горы при всей их красоте и щедрости подземных сокровищниц показались Ферсману, пожалуй, менее интересны, чем минеральные богатства внешне ничем не примечательной Мурзинки. Возможно, сказался и резкий контраст внешней географической и подземной обстановки: район Мурзинки равнинный и геоморфологически относится к Западно-Сибирской равнине, а геологически — к Уральской горной стране…

Мы привычно говорим: горные породы, горное дело, горняк. Но эти термины не совсем точные. Они сохранились с тех пор, когда искали и добывали минералы исключительно в горах, где каменные слои подняты из глубин, прорезаны долинами и ущельями, обнажены в обрывах и на крутых горных склонах. Со временем крупные разработки месторождений полезных ископаемых стали вестись и на равнинах, в слоях, залегающих горизонтально.

Существуют районы, где горы были в геологическом прошлом, а затем эрозия срезала их вровень с земной поверхностью так, что под маломощными речными, озерными или эоловыми наносами залегают именно горные породы остатки древних возвышенностей. Здесь горы как бы «спрятаны» под землей. Так и на Мурзинке.

Пегматитовые жилы, отпрепарированные водой и ветром, на Эльбе или в Ильмецах выходят на земную поверхность. Пегматиты Мурзинки не столь доступны. Однако, несмотря па это, по словам Ферсмана, «трудно во всем мире назвать другой уголок земного шара, где бы было сосредоточено большее количество ценнейших самоцветов, чем в знаменитой Мурзинке».

К началу нашего века горные работы в этом районе Урала пришли в полный упадок. Ученые чрезвычайно редко посещали эти места. На старых копях добыв, самоцветы небольшие группы кустарей. Немного осталось старых горщиков, знающих и любящих камень, умеющих по едва уловимым приметам каким-то особым чутьем угадывать прихотливые изгибы жил и определять, где встретятся самоцветы. Работа в глубоких шурфах была рискованной и трудной, а заработок невелик.

Ферсман с большим уважением относился к опытным горщикам, приглядывался к их приемам поисков и добычи самоцветов. У него и самого был острый, цепкий глаз человека, с детства увлеченного камнями, и вдобавок хорошие минералогические знания. Очень скоро горщики стали относиться к нему с уважением и доверием.

Там, где горщик видел только прекрасные камни, овеянные легендами, поверьями и сказками, для ученого открывалась геологическая жизнь Земли. В его воображении вставали картины далекого прошлого так отчетливо, будто он сам был их свидетелем, словно мысль волшебной силой переносила через миллионолетия прошлого, делая видимым то, что недоступно глазу или давным давно миновало.

Вот как представлял себе Ферсман происхождение пегматитовых жил Мурзинки.

Сначала он восстанавливал общую картину образования

Уральского хребта, когда на восточной окраине Восточно-Европейской платформы могучие подземные силы воздымали и сминали в складки пласты горных пород. Камепные слои разламывались. Снизу внедрялись в осадочную толщу магматические массы. Они проникали в трещины, изливались на земную поверхность, вторгались между слоями. Расплавленная магма пропитывала древние осадки, растворяла минералы, перекристаллизовывала и преображала горные породы.

Миллионы лет земная кора на Урале оставалась подвижной, неспокойной (конечно, только по нашим обыденным масштабам времени, живи мы в то время, видели бы самые обычные горные гряды, подобные нынешним Альпам, Кавказу, Гималаям).

На восточном склоне Урала нередки были магматические очаги. Из них формировались гранитные массивы. Они вовлекались в движения земной коры, испытывали на себе повышенные температуры и давления глубоких педр, взаимодействовали с другими породами, превращаясь в гранитогнейсы, имеющие ясно выраженное слоистое строение.

Позже образовались мощные массы гранитов, обогащенные сравнительно редкими химическими элементами. С историей этих грапитов и связано происхождение самоцветов и металлов Мурзинки.

«Подобно тому как молоко, отстаиваясь, собирает на своей поверхности все более жирные составные части его, так и гранитная магма еще в жидком состоянии разделилась… на химически разнородные слои. Более основные,[12] богатые магнием и железом минералы выкристаллизовывались раньше и опускались вниз, оставалась более кислая, то есть более богатая кремнекислотой (кварцем), расплавленная масса. В пей накапливались пары летучих соединений, к пей стягивались ничтожные количества рассеянных во всей магме редких элементов, ее пропитывали значительные массы перегретого пара».[13]

С поверхности гранитная масса начинала твердеть. Эта «скорлупа» рвалась, покрывалась трещинами… Сюда проникали пары воды и летучих соединений. Они медленно застывали, образуя пегматитовые жилы. Как ветви дерева, расходились трещины в стороны от гранитного очага, прорезали в разных направлениях поверхностные части гранитного массива, врывались в каменную оболочку окружающих пород. Твердели эти жилы сначала по стенкам, соприкасаясь с более холодными породами. Кристаллизация медленно распространялась к середине, все более суживая свободное пространство жилы. Ритмично, периодически застывали кристаллы полевого шпата и

кварца, чередуясь и образуя как бы причудливые восточные письмена (письменный гранит, пегматит).

Часто процесс продолжался и позже, когда между стенками жилы оставались пустоты — занорыши. В них накапливались и кристаллизовались элементы, которые насыщали расплав в виде перегретых паров или в ничтожных количествах были рассеяны в магме.

«По стенкам пустот и трещип вырастают красивые кристаллы дымчатого кварца и полевого шпата, пары борного ангидрида скопляются в иголочках турмалина, то черного, как уголь, то… красных и зеленых тонов, летучие соединения фтора образуют голубоватые, прозрачные, как вода, кристаллы топазов… Своим образованием они обязаны четырем главнейшим и наиболее важным элементам этих жил — фтору, бору, бериллию и литию…».

К этим четырем элементам присоединяются атомы других металлов, образующих мельчайшие кристаллики. Они попадают в жилу из глубин, из внутренних очагов гранитной магмы. Поднимаясь и пробивая себе дорогу, магма захватывает обломки пород, встреченных по пути, расплавляет и растворяет их в себе… Если встречаются известняки, турмалины приобретают красную окраску, связанную с высоким содержанием кальция, если прорезаются змеевики или другие обогащенные магнием породы, образуются своеобразные полевые шпаты, а турмалины делаются бурыми.

Так описывает Ферсман образование пегматитовых жил и самоцветов Мурзинки. Эти красочные картинки подземной жизни горных пород и минералов приведены здесь вовсе не потому, что совершенно бесспорны и верпы. Пересказана точка зрения Ферсмана. Имеются и другие гипотезы, в частностях, а то и в самом главном не совпадающие с вариантом, предложенным Ферсманом.

В естествознании редко бывает иначе. Об этом следует помнить каждому, кто интересуется пауками о Земле и жизни. На всякую более или менее сложную проблему имеется несколько точек зрения. И тут нет ничего удивительного. Даже кристалл или тем более высшее животное выглядит совсем иначе, если мы взглянем на них сбоку, сверху или снизу. Какая из этих точек зрения вернее? Сказать нельзя. Однако для подобных объектов нетрудно выработать обобщенную картину.

Обобщить сложнейшие и запутаннейшие сведения о формировании, скажем, пегматитов совсем не так просто.

Можно высказать несколько вариантов, каждый из которых будет в чем-то убедителен, а в чем-то сомнителен. Ведь речь идет

о невидимых глазу недрах и о невообразимых далях миллионолетий.

Например, происхождепие большинства грапитов сейчас обычно связывают с переплавлением и преобразованием осадочных толщ, а пе с расчленением глубинных «первичных» магм, как предполагали в начале нашего века. Поэтому меня как геолога изложенные выше описания генезиса пегматитов не вполне удовлетворяют. Приведены они только для того, чтобы продемонстрировать яркий образец геологического мышления — сплав научных выводов и художественных образов.

КОРА ВЫВЕТРИВАНИЯ

Почвы требуют от их исследователя беспрестанных экскурсов в область самых разнообразных специальностей.

В. В. Докучаев

В судьбе Ферсмана, в его научном творчестве большую роль сыграли исследования формирования и разрушения минералов в самой изменчивой, динамичной приповерхностпой зоне Земли.

Что такое выветривание? Чаще всего отвечают: это совокупность явлений химического и физического разрушения в поверхностной зоне земной коры. Такое представление о процессе выветривания существует с давних пор. Оно укоренилось в географии еще тогда, когда преобладало мнение об инертности земной коры. В действительности ситуация значительно сложнее.

Интересно проследить, как описывал зону выветривания Ферсман. Для него кора выветривания — не инертное тело, а сложный мир непрерывных превращений и сложных реакций: «Здесь… простые химические соединения замещаются малоустойчивыми системами изменчивого состава. Здесь пе применима общая систематика минералогов и трудно применимы обычные мерки общей химии. Жизнь во всем разнообразии ее проявлений, газы с их подвижностью, тончайшие измельченные частицы вещества — вот что характеризует этот сложный мир».

В коре выветривания идет не только разрушение, разложение горных пород и минералов, но и созидание, синтез новых устойчивых и неустойчивых химических соединений. Они обычно более сложные и более насыщенные энергией, чем исходные вещества, рожденные в земных недрах.

Вот, например, реакция разложения полевого шпата (ортоклаза) и синтеза каолина:

$$KAlSi3O8 + CO2 + H20 = Al4\,[Si4O10]\,(OH)\,8 + K2CO3 + SiO2$$

Или схема образования малахита и гипса:

$$2CuSO4 + 2CaCO3 + 5H20 = Cu2\ \ (OH)\ \ 2[CO3] + 2CaSO4*2H2O + C02$$

А вот так примерно в коре выветривания идут превращения рудных минералов:

$$FeS2 + CuSO4 + H20 = Cu2S + CuS + FeSO4 + H2SO4.$$

Следовательно, земная поверхность — это область особенно активных химических процессов, постоянных изменений и

превращений минералов, синтеза очень сложных соединений в результате взаимодействия твердых масс, природных вод и растворов, газов, живых организмов, коллоидов.

Ферсман высказал несколько очепь плодотворных идеи, которые можно было бы назвать геохимическими законами коры выветривания. Вот их суть.

На поверхности Земли постоянно меняются термодинамические условия из-за чередования холодных и теплых, засушливых и влажных периодов. В результате чрезвычайно изменчивы скорости и направления химических реакций. Иначе говоря, для коры выветривания характерны геохимические ритмы. (Между прочим, это обстоятельство используется для искусственного выпаривания из рассолов поваренной соли или вымораживания мирабилита, сульфата патрия.)

Существует широтная геохимическая зональность, отражающая прежде всего климатические особенности географических зон. Так, при выветривании в тропических странах формируются красноцвстные породы, обогащенные окисями железа (латериты), аналогично образуются некоторые месторождения бокситов, ценной руды для получения алюминия.

Достаточно отчетливо выявляется вертикальная геохимическая зональность коры выветривания. Правда, Ферсман в 1914 году охарактеризовал ее в значительной степени условно, неопределенно и отчасти нелогично (до уровня подземных вод — «зона особенно интенсивного разрушения», ниже, до глубины пе более 10 м — зопа «поверхностного выветривания», где обычны малоустойчивые соединения изменчивого состава, далее, до глубины 400 м «мир разрушения», а на поверхности Земли господство коллоидов). Но важна правильность подхода, сама идея вертикальной зональности коры выветривания.

Изумителен диапазон научного творчества молодого ученого: труды, охватывающие три научные области — минералогию, кристаллографию и геохимию, сочетание лабораторных, полевых и теоретических исследований, интерес к процессам глубинным (эндогенным) и поверхностным (экзогенным), умеьие тщательно добывать и собирать факты, обобщать их, разрабатывать оригинальные гипотезы и теории, выдвигать новые перспективные проблемы.

И еще одно ценное качество Ферсмана как ученого: способность сочетать глобальный подход (изучение особенностей и взаимодействия геосфер) с детальным анализом отдельных минералов или минеральных групп. В сущности приведенные выше геохимические законы коры выветривания были высказаны

в научно-популярной статье. Ученый не считал их достаточно хорошо обоснованными для соответствующей специальной работы. А к выводам этим он пришел не умозрительным путем, не в результате абстрактных размышлений, а после детальпсйшего анализа одной Ио групп минералов — магнезиальных силикатов.

В 1913 году увидела свет вторая монография Ферсмана — «Исследования в области магнезиальных силикатов».

Первая — «Алмаз» — была посвящена крепчайшему и прекрасному минералу, рожденному в глубинах земной коры.

Во второй, словно по нарочитому противопоставлению, речь шла о минералах нетвердых, землистых, неказистых, рождаемых у земной поверхности, в коре выветривания.

О минералах коры выветривания было известно немного. По традиции минералоги проявляли интерес к «первичным», не измененным выветриванием кристаллам. Еще существенней были объективные причины: по составу и структуре минералы коры выветривания чрезвычайно сложны, а кристаллы образуют очень маленькие. По ряду признаков они сходны между собой, образуют единые скопления и разделяются в лаборатории с большими трудностями.

Ферсман использовал все доступные в то время средства для разделения этих минералов. Наиболее удобным оказался отбор визуальный, под бинокулярной лупой и микроскопом. Кроме того, он использовал практически весь доступный литературный материал на эту тему и с удивлением обнаружил, что еще в трудах ученых XVIII века был описан палыгорскит.

Минералы коры выветривания были подробно охарактеризованы пе только по химическим и физическим свойствам, но и по происхождению. Oil высказал предположение о молекулярной структуре палыгорскита (позже с помощью рентгеноструктурных анализов выяснилось, что эта гипотеза Ферсмана неверна в деталях).

Кора выветривания в сущности совсем не похожа па какую-то заскорузлую, инертную оболочку, скорлупу. Называть ее корой можно, только отдавая дань традиции и памятуя об активной химической жизни этой зоны. Сходство ее с живыми организмами в том, что здесь накапливается энергия в процессах синтеза целого ряда сложных молекул. И еще одна черта, на которую ученые обращали мало внимания. В зоне выветривания многие минералы пе имеют устойчивого химического состава.

Ферсман отметил, что под влиянием выветривания в земной коре постоянно существуют соединения переменного состава. Они образуют как бы цепочки от одних устойчивых форм к другим. Это не какие-то эфемерные создания, играющие в зоне

выветривания третьестепенную роль.

Напротив, они очень характерны для нее. Здесь наблюдается, если так можно сказать, устойчивая неустойчивость или, если воспользоваться термином В. И. Вернадского, динамическое равновесие.

Правда, Ферсман не анализировал исследованное им явление с общетеоретических позиций. Он ограничился не яенее важным для науки сбором и обобщением фактов.

Если в своих популярных работах он давал выход потребности домысливать, выдвигать гипотезы, то в специальных трудах, рассчитанных на профессиональных минералогов и химиков, старался поменьше фантазировать.

Итак, к тридцати годам Александр Евгеньевич вполне сложился как оригинальный и вдумчивый естествоиспытатель. Казалось бы, ему остается и впредь развивать достигнутые успехи, продолжать начатые исследования. Какие еще качества ученого требуется ему приобретать? Как будто бы он, если воспользоваться аналогией с минералами коры выветривания, минуя ряд неустойчивых форм, пришел, наконец, в наиболее устойчивое и совершенное состояние.

Однако в жизни людей многое зависит от внешних условий, от событий не только частной, но и общественной жизни, от взаимоотношений не только личностей, но и государств, социальных групп, классов. Постоянная изменчивость окружающего мира не дает нам оставаться неизменными, как бы замкнутыми в футляре «личной жизни».

И в этом можно усмотреть проявление динамического, неустойчивого равновесия, столь характерного для всего живого…

Новый этап научного творчества Ферсмана начался в период первой мировой войны.

КЕПС

Из наблюдения устанавливать теорию, через теорию исправлять наблюдение…

М. В. Ломоносов

В июле 1914 года Германия объявила войну России.

Война охватила всю Европу. Немецкие части оккупировали Бельгию, вторглись во Францию, подходили к Парижу.

Русские войска, не добившись успеха в Восточной Пруссии, одержали ряд крупнейших побед па юго-западе, заняли Львов, продвигались вперед в районе Карпат.

Австро-венгерская армия отступала.

Чем дольше шли военные действия, тем яснее выявлялись недостатки экономики России. Сказывалась зависимость страпы от ряда государств, в том числе и Германии, в поставке оборудования и минерального сырья.

Сейчас, когда наша страна полностью обеспечена собственными минеральными ресурсами и в немалом количестве поставляет некоторые виды сырья за рубеж, трудно представить, что в начале века на огромной территории России не велась добыча серы, сурьмы, алюминия, бария, бора… Дальнейшее перечисление было бы слишком длинным.

Война не только прервала сложившиеся экономические свяни между государствами. Она требовала в огромных количествах стратегическое сырье, необходимое для взрывчатых и отравляющих веществ, для военной техники и фортификационных сооружений. Россия стала задыхаться от нехватки некоторых видов природного сырья.

В полной мере сознавал это Вернадский. Он выступил в Академии паук, предложив безотлагательно начать самое активное изучение естественных производительных сил Российскои империи: «Обладая огромными природными источниками сил, Россия находилась в такой экономической зависимости от Германии, которая далеко выходила за пределы неизбежного и желательного экономического снабжения и экономического обмена с соседней культурной нацией. Война раскрыла глаза русскому обществу па размеры и характер этой зависимости, на ее проникновение во весь обиход нашей жизни. Едва ли можно сомневаться, что прежний порядок жизни не может сохраниться после войны и должна начаться энергическая

и последовательная борьба за улучшение нашего экономического положения… Внимание общества но было в достаточной степени обращено на окружающую нас природу, которая является источником производительных сил в стране».[14]

Вернадский стал главным инициатором организации при Академии наук постоянной Комиссии по изучению естественных производительных сил России (сокращенно КЕПС). Она была создана в 1915 г. Председателем комиссии избрали В. И. Вернадского, научным секретарем — А. Е. Ферсмана.

До этого времени Ферсмана интересовали минералы почти исключительно с научной и эстетической точки зрения. Он исследовал форму кристаллов, превращения минералов и многое другое, относящееся к прекрасному миру природного камня. Практическое приложение этих знаппй его не занимало вовсе. Вообще, какой-либо практицизм был чужд щедрой, открытой, бескорыстной натуре Ферсмаса. Возможно, это обстоятельство сказывалось и па его слабом интересе к использованию теоретических достижений для социальпых и государственных целей. Он не исповедовал принцип «науки для науки», но предоставлял другим заниматься не увлекающими его практическими мероприятиями.

Ферсман возглавил Комиссию сырья и химических минералов при Комитете военно-технической помощи. Комиссия изучала потребность промышленности в минеральных ресурсах, учитывала требования, которые предъявляет к природному сырью техника, промышленность, выясняла особенности месторождений полезных ископаемых, оценивала их перспективность.

Конечно, и прежде доводилось Ферсману знакомиться с практикой горного дела, с изучением месторождений металлов и самоцветов. Но только теперь оп во всей полноте узнавал неразрывную, кровную связь экономики страны с природными богатствами, промышленности — с минеральным сырьем.

Изучение мира камня было вызвано насущными нуждами человека. И наука, взмыв с этого основания в теоретические выси, вновь и вновь вынуждена возвращаться к практике как бы влекомая непреодолимой силой притяжения. И не удивительно: наука не существует сама по себе, вне общества, государства, техники, промышленности.

Наука — не только поиски истины. Мысль ученого, проникая в тайны природы, открывает путь промышленности и технике для освоения природных богатств…

Все это с особой силой ощутил, осознал Ферсман во время работы в КЕПС. Не потому, что он не знал этого раньше. Знал, но не придавал значения. Ему вполне доставало и одной науки.

Теперь вышло иначе. Знание — это еще не действие. Только в действии оно раскрывается в реальных формах, изменяя лик Земли и воздействуя на людей и общество.

Обстоятельства принудили Ферсмана всерьез заняться практическим приложением научных знаний. Он увлекся, загорелся новыми задачами.

«Инвентаризация» природных богатств России была вовсе не кабинетным делом. Из-за экономических тягот военного времени, бездарности чиновников и прогнившего государственного аппарата материальное обеспечение работы КЕПС было плохое. И все-таки Комиссия организовывала экспедиции в разные районы страны для изучения естественных ресурсов (не только геологических, но и географических, биологических — комплексно).

Теперь Ферсман постоянно был в разъездах. В Петергофском уезде осматривал месторождение минеральной краски. На восточной оконечности Крыма, в районе керченских грязевых вулканов, изучал возможность использования бора, который содержится в изливающихся массах.

В Боровичах, под Петроградом, детально исследовал угольные пласты. В далеком Забайкалье совершал нелегкие и опасные маршруты в поисках алюминиевого сырья (Селенгинская Даурия), пегматитовых жил (Борщовочный кряж) и молибденовых рудопроявлений. На Среднем Урале изучал Журавлинское месторождение бокситов, а на Рудном Алтае обследовал свинцово-цинковые рудники.

Работает он не только в тылу. По собственной инициативе едет на Западный фронт. Составляет карты строительных и маскировочных материалов для военно-ипженерных целей. В письме Вернадскому признается: «Пока еще странствовал мало, но в боевую жизнь окунулся вовсю, и надо сознаться, что здесь лучше, чем в вашем петроградском тылу».[15]

Приложение человеческих знаний к военному делу получило название «военной геологии». Ею Ферсман занимался одним из первых и больше других в нашей стране.

Работа в КЕПС была для неге сначала какоы социальным заказом и вызывалась государственной необходимостью. Очень скоро он так увлекся ею (равнодушно работать он вообще не мог), что занятия практической минералогией и геохимией стали для него необходимостью. Они настолько изменили его взгляды на теоретическую науку, что он пришел к выводу: «Я определенно не сочувствую сейчас какой-либо чисто научной отвлеченной работе, но сочувствую тому строительству, которое касается более или менее отдаленного будущего, и считаю положение слишком

серьезным, чтобы думать о чем-либо другом, чем о задачах момента».

Он писал об этом Вернадскому под впечатлением своей первой поездки на Западный фронт. Слова его явно направлены против той части речи Вернадского, посвященной изучению природных ресурсов России, где говорилось о требованиях будущего переустройства уклада жизни и реорганизации экономики.

И в этом — одно из проявлений постоянного (на всю жизнь), жадного интереса Ферсмана к насущным проблемам, к настоящему, к жизни современной. У Вернадского меры времени были иными: он всегда соотносил современность с прошлым и будущим, осмысливал текущие события в их протяженности, истоках и продолжении.

Было бы неверно думать, будто Ферсман под влиянием момента уподобился «деятелю», не желающему глубоко задумываться над сутью происходящего. Склонность к теоретическим построениям но оставляет его и в самый разгар практической деятельности. В журнале «Природа» появляются его статьи, анализирующие войну с геохимических позиций, как одно из проявлений геологической деятельности человека: «Война, промышленность и сырье», «Наука и война», «Война как геологический фактор»…

В то время в стране, измотанной затянувшейся войной и тяжелой разрухой, теряющей веру в прежние идеалы, а более всего в царское самодержавие, раздираемой противоречиями и яростными стычками враждующих партии и группировок, назревала революция.

Несмотря на свою огромную практическую общегосударственную работу, Ферсман был далек от политической жизни. В свои студенческие годы, во время революции 1905 года, он участвовал в демонстрациях и сходках, но вместе с тем истинное удовлетворение находил в лаборатории, проводя химические опыты, и в Минералогическом музее, изучая камни. А теперь он полностью отдавал свои силы КЕПС. Ни о чем другом ему просто некогда было размышлять. Организм его не выдерживал огромных нагрузок. Ферсман все чаще болел, а летом 1917 года вынужден был отправиться на отдых и лечение в Крым.

По своему обыкновению, во время болезни Ферсман переключается на научно-популярные статьи. Несмотря на упадок сил, пишет он легко и много…

А над страной бушевали социальные бури. За Февральской буржуазной революцией, свергнувшей самодержавие, грянула

Великая Октябрьская социалистическая революция, провозгласившая власть рабочих и крестьян.

Начались революционные выступления в Германии. Мировая война шла к концу. Но Россию ожидала тяжкая гражданская война.

Русская интеллигенция мучительно, болезненно переживала этот переломный период истории Родины. Немало се представителей не приняли новый режим и явно или скрыто стали на сторону буржуазии, белогвардейцев, самодержавия. Настало время, когда каждому надо было решить, где ему стоять, по какую сторону баррикад.

Советскую власть Ферсман принял безоговорочно…

Новая эпоха в жизни страны стала для Ферсмана началом нового творческого подъема. Теперь ему суждено проявить себя, и как общественному, государственному деятелю.

СОВЕТСКИЙ УЧЕНЫЙ

Знать, чтобы владеть силами природы и подчинять их воле и интересам человека-таков лозунг века.

Р. Декарт

Весной 1918 года В. И. Ленин написал «Набросок плана научно-технических работ». В нем предлагался ряд мер возможно более быстрого составления плана реорганизации промышленности и экономического подъема. По мысли Ленина, в этот план должно было входить:

«рациональное размещение промышленности в России с точки зрения близости сырья и возможности наименьшей потери труда при переходе от обработки сырья ко всем последовательным стадиям обработки полуфабрикатов вплоть до получения готового продукта.

Рациональное с точки зрения новейшей наиболее крупной промышленности, и особенно трестов, слияние и сосредоточение производства в немногих крупнейших предприятиях.

Наибольшее обеспечение теперешпой Российской Ссветской республике… возможности самостоятельно снабдить себя всеми главнейшими видами сырья и промышленности».

Эти задачи увлекли Ферсмана прежде всего своей грандиозностью. Он был убежден, что они поставлены перед страной своевременно, что решить их можно и должно. Он твердо верил, что его святой долг всеми силами помогать Роднне подняться из разрухи обновленной и окрепшей.

На него прямо-таки обрушилась лавипа должностей, назначений. С 1917 года он председатель комиссии по выработке плана подъема добычи драгоценных камней, член технического комитета при военном ведомстве. С 1918 года — председатель Радиевого отдела КЕПС, член Северпого экономического общества, член Комиссии по изучению тропических стран, заведующий отделом нерудных ископаемых и драгоценных камней КЕПС, профессор Петроградского университета (ведет курс геохимии). С 1919 года член Постоянной полярной комиссии, директор Минералогического музея…

И так продолжалось впредь: с каждым годом все новые и новые нагрузки (а прежние-то редко отменяются). Скажем, в 1920 году — еще семь новых назначений! Впрочем, Ферсман всегда

боялся безделья, а не работы. Как всякий сильный человек, он любил трудные задачи.

1919 год. Ферсман избран действительным членом Академии паук. Ему 36 лет, он по-прежнему полон энергии, оптимизма.

О том, как оценивали творчество Ферсмана в научных кругах России, можно судить по «Записке», которую представили в Академию паук авторитетнейшие ученые — В. И. Вернадский, А. П. Карпинский, А. В. Крылов. В ней говорится:

«В лице А. Е. Ферсмана наша страна имеет одного из наиболее талантливых минералогов, прекрасного знатока минералов вообще, энергичного исследователя часто очень трудных для изучения, так называемых неблагодарных минеральных образований… — исследователя минералов в различных направлениях, выясняющих их близкое отношение к другим областям знания, их генезис и их роль в области, отмечаемой теперь иногда названием „геохимия“.

Увлеченный интересом к научному изучению природы, А. Е. Ферсман, превосходно владеющий даром ясного и красноречивого изложения, вносит это увлечение не только в среду своих учеников, но нередко и сотоварищей по науке. Лишенный всякого ложного самомнения, горящий интересом к успехам других лиц, вносит умиротворяющую струю в коллективный труд…

…Членам Академии хорошо известны труды А. Е. Ферсмана в Комиссии сырья, энергичная деятельность в Комиссии производительных сил России, в ряде московских учреждений, его общественная просветительская деятельность в популяризации науки, в пропагандировании ее высокого значения…

Академия многим обязана А. Е. Ферсману, его организаторским способностям, его энергичному отстаиванию ее интересов и ее достоинства, и можно лишь пожалеть, что подобная, граничащая с подвижничеством деятельность не всегда проходит безнаказанно для здоровья тех, кто затрачивает силы па пользу дела, не считаясь со своим личным благополучием».

Все сказано верно в этой характеристике, по сказано по все. Как-то в тени оставались его оригинальные теоретические разработки, обобщения, гипотезы. Ферсман выказал замечательное, редчайшее умение совмещать теоретические знания с практическими задачами экономики и организационными мероприятиями. Он начал изучать теоретические основы практической деятельности человека, преобразующего природу.

В наше время подобные исследования очень популярны.

Ученые разрабатывают, как принято говорить, основы рационального природопользования и охраны окружающей среды. Однако шесть десятилетий назад было совсем иначе и речь шла обычно о покорении природы и господстве над ней человека.

Это был так называемый прагматический подход, признающий только практическую пользу, проведение технических мероприятий для эксплуатации природных богатств. Тогда казалось, что достаточно человеку создать могучую технику и можно будет с ее помощью добывать сколько угодно благ. Теоретические знания, природоведение представлялись не обязательными. Главное — действовать!

Деятельной натуре Ферсмана такая точка зрения была понятна и близка. Но как ученый он был убежден: практические мероприятия должны направляться научным знанием. Издавна высказывалась простая и верная мысль: практика без теории слепа, теория без практики бессильна.

Исходя из этой очевидной и все-таки далеко не всеми понимаемой истины, Ферсман опубликовал в 1918 году статью «О необходимости научного института хозяйственного изучения России». По его мысли, в институте должны гармонично сочетаться теоретические и практические исследования. Развитие народного хозяйства будет идти успешно только в том случае, если опирается па знание.

С большой проницательностью подчеркивал Ферсман необходимость безотлагательных и активных мероприятий по охране природы: «Борьба с безрассудным расхищением природы, нецелесообразностью использования, неумением превращать продукты в более высокие промышленные ценности, наконец, выработка мероприятий по бережливому и продуманному использованию всех видов энергии, начиная с силы ветра и кончая мускульной силой человека, являются теми необходимыми задачами органа по охране природных богатств, который намечается в плане ближайших мероприятий научного строительства».

В словах этих видна прозорливость, глубина мысли ученого и т. д. Но отметим и другое: острую заинтересованность в благосостоянии страны, твердую гражданскую позицию, хозяйское отношение к природным богатствам своей Родины. Таковы были черты ученого нового времени, новой исторической эпохи.

ЗАПОЛЯРНАЯ ЭПОПЕЯ

О Север, Север-чародей,
Иль я тобою околдован!
Иль в самом деле я прикован
К гранитной полосе твоей!

Ф. И. Тютчев

«Среди всех переживаний прошлого, среди разнообразных картип природы и хозяйственной деятельности человека самыми яркими в моей жизни были впечатления от Хибин — целого научного эпоса, который почти 20 лет заполнял все мои думы, силы, владел всем моим существом, закалял волю, будил новую научную мысль, желания, надежды».

Так писал Ферсман, не упомяпув о том, что освоение Хибин памятно не только для пего и его спутников, соратников, но и для всей страны. Геологическое освоение этого заполярного края превратилось в героическую эпопею. О ней было написано немало. Вспомним только некоторые ее эпизоды.

В 1915 году началось строительство железной дороги, соединяющей Петроград, Петрозаводск, Кандалакшу, Имандру, Мурманск. Это требовалось для стратегических целей: Мурманский порт был необходим для доставки из Европы в Россию военных грузов. Прокладывали трассу из Петрограда в Мурманск с торопливостью необыкновенной. Железнодорожную магистраль протяженностью более тысячи километров построили за 17 месяцев.

Однако поспешность не способствует качеству работ.

(Тут кстати вспомнить поговорку, приведенную Ферсманом в одной из его статей: дорогая дорога — самое дешевое для страны, ибо она экономит время, силы, технику, а значит, деньги и жизнь.) Да и не стало острой надобности в Мурманской трассе: мировая война закончилась, открылись порты Балтики и Черного моря, а Хибинский край оставался неизведанным.

Что делать с трассой, пересекающей дремучую окраину страны и быстро приходящей в упадок? Был один довод в ее пользу: в государстве рабочих и крестьян не должно быть окраин! Все районы, все края Страны Советов, все пароды, ее населяющие, равноправны.

Но ведь есть еще и экономический расчет, без которого пе обойтись. А он показал: реставрация дороги обойдется по меньшей мере в сорок тысяч рублей. И каков результат? Кто

будет ездить по железной дороге в безлюдном краю? Что будут перевозить по ней, если промышленность здесь отсутствует, а морская торговля через Мурманский порт сошла на нет?

В таких условиях было принято единственно верное решение: предоставить ученым выяснить возможности хозяйственного освоения Хдбин и целесообразность реконструкции железной дороги. В мае 1920 года Петроградский исполком направил в Хибины комиссию в составе академиков А. П. Карпинского, А. Е. Ферсмана и геолога А. П. Герасимова.

На станции Имандра члены комиссии обследовали небольшую гору и… Знаменитый минералог Ферсман в замешательстве разглядывал обломки камней: некоторые из кристаллов и даже целые группы минералов разных цветов и форм были ему неизвестны! Для него не было никакого сомнения: они попали в удивительный минералогический мир. Здесь конечно же есть, непременно есть месторождения полезных ископаемых.

Вернувшись в Петроград, он организовал группу молодых геологов, получил от Академии наук деньги, снаряжение и продовольствие (всего ничтожно мало, в стране лютовала разруха). И вот уже небольшой геологический отряд в Хибинах.

Осень в Заполярье — неласковое время. Постоянная слякоть, ветер, холод. Палаток в отряде не было. Все продовольствие, снаряжение и тяжеленные образцы переносили на себе. В ведре варили гречневую кашу, сдабривая ее грибами или черникой. Чтобы экономить время, готовили еду один раз в день, а ведро с пищей несли на палке.

Ночи были морозные. Днем доводили до исступления комары и мошка. Шли без дорог и троп. Вброд переходили реки. Спотыкались и падали в коварном кочкарнике, опутанном карликовыми березками. Грузно брели по болоту, проваливались по колени, до кровли вечной мерзлоты…

Карта была очень плоха. Приходилось на ходу исправлять ее, дополнять или вычерчивать заново. Обстоятельства требовали отдачи всех сил без остатка. Казалось, выдержать этого нельзя.

Они выдержали. Совершенно измученными вернулись к теплушке. Знали: это только начало. Верили: суровые Хибины еще раскроют им свои геологические тайны.

И еще три года отряд Ферсмана изучал Хибинские горы:

«В серой, однообразной природе, среди скал с серыми лишаями и мхами целая пестрая гамма редчайших минералов: кроваво-красные или вишневые эвдиалиты, как золото, сверкающие блески астрофиллита, ярко-зеленые эгирипы, фиолетовые плавиковые шпаты, темно-красные, как запекшаяся

кровь, нептупиты, золотистые сфены… и ие перечесть этой пестрой картины красок, которою одарила природа этот серый уголок земли».

То, что представляет огромную ценность для минералога, еще совсем не обязательно имеет народнохозяйственное значение как промышленное сырье. Открывая многочисленные месторождения редких минералов, Ферсман мечтал и о другом: найти промышленные месторождения руд, разработка которых преобразует край и принесет пользу стране.

…На Кольском полуострове на земную поверхность выходят из глубин очень древние породы, имеющие возраст около миллиарда лет. За свою долгую историю они претерпели значительные изменения. С ними связаны определенные комплексы минералов.

Для Хибинского массива очень характерно широкое распространение щелочных пород. В них относительно высокое содержание калия и натрия по отношению к алюминию, сравнительно немного содержится кремния. Вообще-то щелочные породы встречаются на Земле редко (площадь их распространения примерно в сто раз меньше, чем гранитов). Поэтому при первом знакомстве с минералами Хибин даже Ферсман попал в затруднительное положение.

Среди щелочных пород обычно встречаются редкоземельные минералы, апатит, циркон, титановые руды. В Хибинах еще в конце прошлого века были найдены отдельные образцы апатита. Но есть ли здесь промышленные месторождения полезных ископаемых? Этого никто не знал. Да если они и есть, то можно ли отыскать их среди заболоченных тундр и тайги, среди бесконечных каменных осыпей, среди этих огромных безлюдных пространств?

«Никто не представляет себе тех трудностей, которые надо было побеждать, и побеждены они были только благодаря энтузиазму Александра Евгеньевича, его какой-то сверхъестественной энергии и тому обаянию его личности, которое оказывало на всех нас громадное влияние. У него была глубокая научная интуиция. Это была устремленность к поискам, ни с чем не сравнимая». Так свидетельствует соратник Ферсмана по Хибинской эпопее, минералог, профессор В. И. Крыжановский.

В 1923 году на склоне горы Расвумчорр были обнаружены глыбы апатита. Поиски продолжались. Экспедиция Ферсмана обнаруживала все новые и новые россыпи апатита. Однако требовалось отыскать коренное месторождение этого минерала — в горном массиве. Оно было открыто в 1926 году на той же горе Расвумчорр.

«Апатит» в переводе с греческого — обманщик. Так его называли за изменчивый облик и сходство с кварцем, бериллом, известняком. Его химическая формула Ca5(Cl, F)[PO4]з. Он фосфорная руда.

Но хибинский апатит был для Ферсмана «обманщиком» по причине совсем не минералогической. Дело в том, что полезное ископаемое остается совершенно бесполезным до тех пор, пока не будет выгодно его разрабатывать и перерабатывать. Так, скажем, золото, растворенное в Мировом океане в огромном количестве, никак нельзя назвать полезным ископаемым: его добыча обойдется дороже… золота.

Вот таким обманчивым было в первые годы признано многими специалистами открытие апатита в Хибинах.

Прежде всего вызывало сомнение количество руды. В мире еще не было известно крупных промышленных скоплений апатита.

Это геологическое затруднение вскоре было преодолено. Тщательное обследование выходов апатита, отборы проб, подсчеты запасов сырья… Нет, сомнений не оставалось: запасы были необыкновенные, просто сказочные и в то жо время совершенно реальные. На склоне горы Кукисвумчорр, например, апатитовая руда выходила на земную поверхность в виде огромного массива длиной более километра!

Но оставалась более серьезная «технологическая» трудность: требовалось разработать методику промышленного извлечения фосфора из апатита. В общем виде такая методика была известна. Она применялась, например, при обогащении сравнительно бедных фосфором фосфоритов. Суть ее такова. Содержавшийся в минералах фосфорнокислый кальций почти не растворяется в воде. Требуется перевести его в растворимые соли и только после этого использовать как удобрение. Поэтому минеральные массы обрабатывают серной кислотой, получая суперфосфат.

Однако хибинские апатиты имели сопутствующий минерал — нефелин. Спутник как спутник: может даже служить рудой для получения алюминия или использоваться в стекольной и фарфоровой промышленности. Да вот беда: нефелин легко разлагается серной кислотой. Если апатитово-нефелиновую руду обрабатывать кислотой, она расходуется главным образом на реакцию с нефелином. Потери ее так велики, что не окупают стоимости окончательной продукции.

Теперь Ферсману приходилось бороться за разработку и внедрение новой технологии переработки апатитовой руды. Сломить сопротивление чиновников ему удалось только благодаря поддержке крупного государственного деятеля С. М.

Кирова. К исследованиям были привлечены Государственный институт прикладной химии и Научный институт по удобрениям. В 1929 году технологическая проблема была решена. На следующий год развернулось строительство крупнейшего за Полярным кругом промышленного центра.

В этот же год Ферсман обнаружил в хибинской Мончетундре сульфидные никелевые руды. И снова было много поисков и сомнений, находок и разочарований, прежде чем удалось открыть месторождение никелевых руд…

Чтобы сделать крупное открытие, нужны отличные знания, талант. А еще вера и упорство. Вера, несмотря на все сомнения, в свою цель, как бы труден не был путь к ней.

«ВРЕМЯ»

Дать четкую философскую установку проблемы времени! Да на это не хватит жизни.

В. Н. Вернадский

Рассказ о хибинской эпопее увел нас далеко вперед, на целое десятилетие. Так пришлось сделать для того, чтобы сохранить последовательность изложения. В действительности за этот срок произошло много, очень много важного в жизни Ферсмана: оп стал ректором Географического института, директором Радиевого института АН СССР, был командирован в Норвегию, Швецию, Германию, много работал в Средней Азии, опубликовал серию крупных монографий и сотни статей…

Словно время его жизни было какое-то особенное: то ли необычайно быстротекущее, то ли насыщенное до предела событиями и свершениями… А что такое время?

Именно па этот вопрос попытался ответить Ферсман в 1922 году в книге «Время». Она невелика по формату, по о ней хотелось бы сказать особо.

Жизнь Ферсмана разворачивалась стремительно, а деятельность его протекала очень напряженно и насыщенно.

Оп активно жил настоящим — сегодняшними актуальными проблемами. Казалось бы, он в полной власти могучего потока времени, находясь в самой гуще научных и производственных дел, связанных с возрождением и восстановлегшем экономики страны. Разве тут до полуабстрактных размышлений о времени?

Прежде всего отметим: в книге о времени Ферсман проявляет себя как писатель, философ и геолог одновременно.

От абстрактных рассуждений он переходит к художественным образам и конкретным научным и техническим проблемам. Книга очень своеобразная, «Ферсмановская». В ней автор больше, пожалуй, чем в какой-то другой работе, выражает свою индивидуальность художника и философанатуралиста.

«И пока я пишу эти строки, начиная работу, неизменно и без перерыва течет время, раздается мерное биение часов и из вечности будущего в вечность прошедшего уходит время…

Тихо вокруг, и только мысль, свободная, независимая, пытается бороться со временем, в своих творческих мечтах опережая его течение, в достижениях упорной работы побеждая ушедшие в прошлое века и тысячелетия…

И в те же тихие моменты спокойной научной работы где-то течет время в бурном потоке человеческих искании, борьбы и страданий. Где-то в порыве горячих переживаний быстро идут часы и годы, события истории и человеческие драмы развиваются с необычайной быстротою, и время летит, летит незаметно… Где-то в углах опустошенной деревни в борьбе за жизнь, медленно, ужасно медленно текут секунды времени…

Время! Где же твой непреложный закон, твое мерное и невозмутимое течение? Разве не сам человек определяет скорость твоего потока и разве не в нем самом познание времени?»[16]

Это, пожалуй, можно считать белыми стихами или ритмической прозой Ферсмана. С философской и научной точки зрения идеи, высказанные им, выглядят неубедительно.

Почему принимает он идею потока времени? Что считает прошедшим и будущим? Что означает для него быстрое и медленное движение времени? Да и допустимо ли говорить о движении времени, когда время — это и есть выражение движения?..

Вопросов появляется множество, и мы вправе резко упрекнуть автора за излишне вольное обращение с терминами и понятиями, за поточности и неясности. Но, подумав и дочитав книжку до конца, начинаешь понимать поспешность и несправедливость подобных упреков. Дело в том, что Ферсман вовсе не собирается поучать читателя, вещать свысока и с излишней красивостью о своих представлениях, выдавая их за неоспоримые истины. Перед нами не маститый академик, волевой и целеустремленный геолог, активный общественный и государственный деятель. Как будто бы и нет у пего никаких почетных званий и высоких должностей. Мы слышим слова мыслителя. Он размышляет вслух, обращаясь к нам искренне и доверительно, приглашая к сомнениям, спорам и раздумьям.

Впрочем, он не только философствует. Пересказывает историю представлений мыслителей древности о врежени.

А начинает со слов Аристотеля: «Что такое время и какова природа его, нам не известно». Великий философ был совершенно прав. И в конце своей книги Ферсман повторяет (уже в иной форме) вывод Аристотеля: «Как сложно и многогранно понятие о времени и как различно преломляет его каждый в своем уме! Часы мира еще не построены…

А пока морпо и однообразно раздается тиканье часов, неумолимая стрелка совершает свой путь и из неведомого грядущего в невозвратное прошлое переносится поток времени. В этом закон мироздания, еще не познанный закон неумолимой судьбы».

Как будто бы автор вернулся к исходному рубежу: начав с незнания, он кончил тоже незнанием. А разве суть науки не в том, чтобы от незнания перейти к знанию?

В популярных работах и учебниках так обычно и бывает. По в научных исследованиях каждое новое достижение открывает новые, более дальние горизонты неведомого.

Книгу Ферсмана «Время» читаешь, постоянно обогащаясь новыми идеями и фактами. Он знакомит читателя с научным анализом времени, с приборами и методами, позволяющими не только отсчитать ход секунд, минут, часов, но и определить даты давно минувших событий, измерить геологические интервалы времени — миллионы и миллиарды лет.

Астрономические методы определения времени стали для нас обыденными, привычными: сутки (один оборот Земли вокруг своей оси), год (один оборот Земли вокруг Солнца).

Геофизические методы применялись в прошлом, например, для определения возраста Земли. Предполагалось, что некогда она вся была расплавлена, а затем, остывая, пришла к современному состоянию. Исходя из этого, рассчитывалась скорость остывания земного шара и получались цифры… Очень маленькие по современным представлениям, но исключительно большие по том временам — миллионы лет! (Ферсман ссылается на измерения лорда Кельвина, но столетием раньше подобные опыты и расчеты провел Жорж до Бюффон.)

Из геологических методов наиболее употребимый подсчет времени накопления осадочных пород. Зная хотя бы приблизительно скорость формирования слоев и определив число их и мощность, можно оценить интервал времени, затраченный на образование всей толщи. Особенно плодотворно был использован этот метод скандинавским ученым дс Гсером. Он подсчитал число годовых слоечков, отлагавшихся в ледниковых озерах после таяния великих ледников северного полушария. Из-за различия осадков летних и зимних слои эти хорошо видны (отложения так и называются: ленточные глины). Результаты подсчетов показали, что ледники «покинули» территорию Швеции 12 тысяч лет назад.

Геохимические методы оказались не столь успешными.

В частности, еще во времена Ньютона Галлей попытался определить возраст океана, разделив общее количество содержащихся в нем солей на ту долю солей, какая ежегодно выносится в пего реками. Однако метод оказался очень и очень неточным.

Замечательным достижением явилось открытие радиоактивного определения геологического возраста. Скорость

распада радиоактивных элементов строго постоянна, неизменна. После того как в застывшей или отложившейся породе образовался радиоактивный минерал, он начинает «отсчитывать время». При благоприятных условиях продукты распада не рассеиваются вовне, а накапливаются.

Определяя количество распавшегося вещества и зная скорость распада (оно выражается логарифмической зависимостью), можно вычислить возраст данной горной породы.

У разных элементов скорость распада различна, и поэтому «радиоактивные часы» позволяют измерять интервалы времени в широчайшем диапазоне: от сотен и тысяч до миллиардов лет.

В изложении Ферсмана немало устарелых сведении.

Иначе и не бывает: за 60 лет в науке и особенно в технике произошли значительные перемены. Впрочем, о неизбежности этого писал и сам Ферсман, добавив, что самое главное остается в силе: человек научился исчислять интервалы прошлого. Причем обоснованные определения начались по существу только в пашем веке.

Ферсман не удовлетворяется описанием методов геохронологии (определения геологического времени). Мысль его стремится к философским обобщениям, к познанию сущности того, что мы привычно называем временем. Он высказывает ряд интересных идей, по устаревших поныне. При этом не боится противоречий и недоговоренности: он ищет, а пе поучает.

«Время такое же измерение пространства, как высота, ширила и длина. Не время течет, а текут и изменяются события, нет времени мира, а есть время отдельных космических систем, отдельных явлений и отдельных атомов».

Очень похоже высказывался о времени и знаменитый русский физик И. П. Умов («Течем мы, странники в четырехмерной вселенной»). Но ведь Ферсман, как мы уже знаем, пе раз писал в этой книге иначе: о потоке времени.

Противоречие? Да, как будто. Однако можно сказать так: высказывание различных точек зрения. А как еще поступить, если автор честно признается, что не имеет готового решения этой загадки природы? В сфере научных идей, как и среди Хибинских гор, он упорно ведет поиски.

Он искатель, страстный, неистовый искатель. И не только ищет, но и находит: интересные идеи, редкие минералы, новые месторождения полезных ископаемых. Но каждая находка — будь она самая прекрасная — не останавливает его. Напротив, окрыленный удачей, он еще острее испытывает жажду новых открытий.

Со стороны может показаться, будто он всецело занят только

настоящим. Но это не так. Он как бы стремится уйти вперед за текучую грань сиюминутного. Трудно представить себе, что Ферсман смог бы когда-нибудь воскликнуть, подобно Фаусту: «Мгновенье, ты прекрасно, остановись!» У него был другой (неявный, невысказанный) девиз: «Мгновенье, ты прекрасно, прощай, я тороплюсь дальше!»

Он жадно жил настоящим, постоянно устремляясь в будущее. И пе случайно в этом стремлении оп видел одну из основных черт науки: «Самый смысл пауки и научного познания заключается не только в правильном позпании явлений и их слиянии в закономерные ряды, но и в возможности на основании этого знания предсказывать и предугадывать такие явления, которые не были раньше достоянием знания».

СРЕДНЯЯ АЗИЯ

Для того, чтобы найти… надо уметь искать, надо провидеть невидимое, ощутить предстоящее, не падать духом при неудачах и трудностях, настаивать и много трудиться.

Д. И. Менделеев

В жизни Александра Евгеньевича десятилетие 1920–1930 годов было поистине героическим. Одной только хибинской эпопеи хватило бы для того, чтобы имя Ферсмана прочно вошло в список пионеров освоения минеральных ресурсов Советского Союза. А ведь была еще и Средняя Азия, где он тоже оказался первооткрывателем.

О подземных богатствах Средней Азии до революции высказывались самые пессимистические мнения. Были хорошо известны рудные месторождения Урала, Алтая, Забайкалья. По сравнению с ними Средняя Азия представлялась мелкоперспективпой. На нее геологи попросту не обращали серьезного внимания. Тем более это была очень отсталая экономически, полуколониальная окраина империи.

Положение резко изменилось при Советской власти.

Было привито решение взяться за экономическое возрождение окраин. Одни из главнейших путей для достижения этой цели — поиски, разведка и разработка минеральных богатств.

Первые геологические отряды, начавшие исследования на огромной территории Средней Азии, обнаружили в ряде мест рудопроявлеиия, обследовали перспектиштые районы, обратили внимание на остатки древних горных выработок и примитивных металлургических производств. Все это были разрознеппые сведения. Требовалось обобщить их и наметить районы, где следует развивать горнодобывающую и перерабатывающую промышленность. С этой целью в Среднюю Азию весной 1924 года была направлена группа специалистов во главе с А. Е. Ферсманом.

В этой экспедиции, как и в последующих среднеазиатских, Ферсмана сопровождал геолог (в будущем академик) Д. И. Щербаков. Оп интересно описал эти путешествия. (Да и Ферсман о них писал очень хорошо и неоднократно.) Вкратце

познакомимся с этими исследованиями и главными их результатами.

В первый год Ферсман побывал в Средней Азии недолго: очень спешил па север, в Хибины. И все-таки успел посетить месторождения плавикового шпата в Чаткальском хребте, поделочного камня — колыбташа у поселка Сайлык, кремнистых сланцев в долине реки Исфайрамсай, где ранее были обнаружены марганцевые и никелевые минералы. Кроме полевых работ в Ферганской долине, он прочел лекции и провел консультации в Ташкенте.

На следующий год Ферсман припял участие в изучении потцер в известняковых массивах южнее Ферганской долины. Он исследовал минералы, рожденные в пещерах, полупрозрачные или белые кальцитовые натеки, стебли, нити, сталактиты и сталагмиты, колонны, гирлянды, таблитчатые, водянисто-серые, отливающие стеклянным блеском кристаллы барита — тяжелого шпата, янтарно-жслтые пирамидки самородной серы, голубоватые, как бы промасленные корки целлестина — соли стронция, прозрачные кубики каменной соли — галита и белоснежные, словно сахарные, розетки — гипса…

Но его увлекают не только загадки образования и разрушения пещерных минералов. Он мысленно восстанавливает историю пещер, особености их роста, перехода от вертикального направления к горизонтальному, их связи с наземными и подземными водами. Пещерам он посвящает прекрасную статью в журнале «Природа».

Главным событием этого года стала экспедиция в Каракумы. «Мпе хотелось после пестрых и ярких красок, богатства и плодородия оказаться в мире безлюдья и тишины пустыни. Мне хотелось попять во всей глубине величие среднеазиатских песков, понять их трудности и опасности, своеобразие их богатств… Как химику земли мне хотелось самому посмотреть на тот своеобразный мир солеи и озер, мир вьщветов и песков, защитных корок и пустынных загароп, которые характеризуют пустыню и составляют ее красоту».[17]

Имелись сведения, что в центре Каракумов находятся странные посчапо-серые бугры. Происхождение и геологическое строение бугров оставалось загадкой. Предполагалось, что здесь сказываются результаты былой вулканической деятельности. Не исключалась возможность обнаружить месторождение серы, в которой очень нуждалась промышленность страны.

С большими трудностями удалось снарядить караван (6 верблюдов, 4 лошади). Ситуация очень осложнялась возможностью столкнуться с бандой басмачей. Но Ферсмдна

нпчто по смогло остановить. Даже тяжелая болезнь, илза которой он не мог самостоятельно влезать па лошадь или спешиваться и двигался с огромным трудом.

Караван шел и шел. На одиннадцатый день пути показались серые бугры. «Картина вокруг была замечательная, — писал Ферсман. — Куда пи посмотришь, валы и валы песка. Кое-где среди них огромные черные площадки шоров, дальше окаймленные венцом ярко-желтых, сыпучих, подвижных песков красноватые площадки такырои, а вокруг, как вулканы Центральной Франции или окрестностей Неаполя, как кратеры луны, десятки отдельных остроконечных вершинок, то мелких „вулканических“ конусов, то обрывистых скал. Далеко на севере и востоке рисовались новые группы бугров».

Бугры оказались исключительно интересными. Исследователи отобрали много образцов для лабораторных анализов, но уже на глаз было видно, что запасы серы немалые.

Прежние представления о происхождении серных бугтов пришлось оставить. Нигде не было никаких следов вулканических процессов, деятельности гейзеров или фумарол. Здесь проявились не глубинные, а поверхностные процессы.

В слоях гипсоносных горных пород содержится много серы. На земной поверхности она окисляется и превращается в сорную кислоту. Только в глубипс бугров сохраняется самородная сера. А сернокислые соли перерабатываются бактериями, благодаря которым накапливается сера.

Вернувшись в Ашхабад после месяца путешествия по пустыне, Ферсман доложил туркменскому правительству о перспективности обследованных месторождений серы и необходимости срочно приступать к их разработке.

На следующий год более крупная экспедиция под руководством Д. И. Щербакова провела первые опыты по добыче и обогащению серной руды но методу участника похода — химика П. А. Волкова. Метод был прост и надежен: руду нагревали в автоклаве, сера плавилась и погружалась вниз, а песок всплывал. Опыт прошел успешно.

Ферсману пришлось доказывать необходимость постройки в пустыне серного завода. Некоторым руководителям не верилось, что это возможно. Наконец, мнение Ферсмана победило. Караваны двинулись в Каракумы, перевозя оборудование серного завода, стройматериалы. И уже к концу 1927 года первые караваны с каракумской серой прибыли в Ашхабад.

Первый серный завод нашей страны был построен в центре пустыни.

В Средней Азии Ферсман охватил обоими полевыми

исследованиями огромный регион. До этого он работал на сравнительно ограниченных территориях, где господствовали те или иные минеральные комплексы — в пегматитах, щелочных и гранитных массивах и т. д. А сейчас перед ним открывались просторы пустынь, степей, гор, долин Средней Азии, где встречаются разнообразнеишие горные породы и минералы.

На острове Челекен (ныне из-за понижения уровня Каспия он превратился в полуостров), где действуют грязевые вулканы, горячие источники отлагают разнообразные осадки. Здесь встречаются ярко-красные или бурые натеки, образующие систему ступепек-блюдец. Искристые корочки серебристого колчедана покрывают все предметы.

Ярко-желтые, сверкающие на солнце кристаллики серы украшают эти налеты. В относительно холодных сернистых источниках осаждаются черные и серые гидраты сернистого железа, быстро буреющие па воздухе. В других местах осаждается углекислый кальций в видо натеков мраморного оникса. Подобные образования встречались Форсману и вулканических областях Закавказья. Во всех челекенских источниках встречаются отложения поваренной соли в виде гроздьев на сухих веточках, или небольших качающихся сталактитов, или скоплений шарикоа-леденцов, подорасываемых кипящими водами. Это необычайное обилие кристаллических минералов, рождающихся прямо на главах, дополняют газовые и жидкие минералы: выделения нефти, сероводорода, углеводорода, струй азота и редких газов.

Отложения озокерита и кира — черные маслянистые натеки «горного воска» — тоже очень характерные челекепские образования.

Иная картина в опаленных солнцем предгорьях Гаурдака, на крайнем юге Туркмении, где минералогическая картина однообразная — сера и гипс, но зато серы очень много. Или долина Шор-Су (соленая вода) Кокандского оазиса, где, кроме залежей серы и гипса, из глубин вырываются струи сернистого газа и нефтяных газов, встречаются черные пленки озокерита горного воска.

В Сумбарской долине хребта Копетдаг Ферсман изучил жилы, содержащие витерит — редкую бариевую соль (карбонат бария), а на берегах Кара-Богаз-Гола — разработки глауберовой соли, мирабилита (сульфата натрия).

Затем Ферсман отправляется в опасное путешествие по Кызылкумам, проверяя сведения о гранитных выступах в центре пустыни, прорезаемых рудоносными жилами. Здесь действительно оказались месторождения редких металлов.

Изучает он и другие пегматитовые жилы — теперь в отрогах Каратау. А еще — месторождения мрамора, талька, фосфоритов. Ущелье Харанчон в отрогах Тянь-Шаня с пещерками, «погребами» замечательного горного хрусталя. Древняя горная выработка в долине Чувая с пленками коричнево-красной сернистой ртути — киновари.

Месторождения сурьмяного блеска — Кадаледжай, а невдалеке прекрасные жилы Медной горы Хайдаркапа, «где руды ртути, сурьмы и меди сплетались в сложном теле из платкового шпата». Рудные залежи свинца и цинка в горах Кара-Мазара…

Ферсман совершает героические, опасные пересечения Каракумом и Кызылкумов на автомобилях. Проводит с самолета интересные геологические и географические наблюдения. Спускается в черные пасти пещер, карабкается по скалам. Верхом преодолевает горные перевалы. С верблюжьими караванами отправляется в пустыни…

И в этой мозаике впечатлений, постоянной смене ландшафтов и геологической обстановки, резких переходах от безлюдных просторов к шумным городам и рудникам, от жарких пустынь к заснеженным вершинам пытливый ум ученого отмечал сходства и различия, постигая тайные «замыслы» природы, скрывшей в недрах этого края многочисленные неведомые еще сокровищницы, минеральные кладовые.

«Нет, мы не согласны со всеми теми, кто не верит в ископаемые богатства Средней Азии. Правда, они рассеяны, правда, они не так концентрированы, как, например, па Урале или на Кольском полуострове, но минералогия Средней Азии исключительно своеобразна и самобытна».

Познать эту самобытность невозможно без охвата обширнейших территорий, желания осмыслить разнообразные сведения, стремясь не столько к глубине анализа, сколько к широте обобщений.

«Нужно, чтобы отдельные точки находок отдельных химических элементов слились в общую закономерную геохимическую картину, чтобы они образовали закономерные дуги, пояса, поля, чтобы эти дуги, зоны, пояса, концентры и поля слились в геологической картине прошлого этих замечательных горных цепей Центральной Азии.

Только тогда, когда в едином синтезе сольются идеи и факты геологии и минералогии, родятся те геохимические выводы, которые позволят смело предсказывать будущее, наводить на поиски и рисовать судьбы месторождения в глубинах — словом, позволят раскрыть ту геотехническую картину, на фоне которой только и можно строить горную промышленность».

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОХИМИЯ

Надо разрешить теоретику фантазировать, ибо иной дороги к цели для него вообще нет.

А. Эйнштейн

Геохимия, как известно, рождалась из минералогии, изучающей происхождение и превращение природных химаческих соединений.

Связь геохимии с геологическим картированием была неочевидной. А. Е. Ферсман первым стал разрабатывать региональную геохимию, изучающую закономерности распределения химических элементов на земной поверхности и в отложениях тех или иных геологических эпох.

Первый учебный курс региональной геохимии прочел Ферсман в 1919 году. Три года спустя была опубликована его книга «Геохимия России» (вып. 1).

Особенно много посвящает он статей и книг геохимии Советского Союза после работ в Средней Азии. И нс удивительно. Если первые труды по региональной геохимии оп писал почти исключительно по литературным материалам, побывав лишь в отдельных районах страны, то теперь у пего за плечами много тысяч маршрутных километров и Хибинах, на Урале, Алтае, в Забайкалье и Средней Азии.

Региональная геохимия — наука комплексная, учитывающая сведения целого ряда наук о Земле: стратиграфии (изучающей, в частности, последовательность напластований), минералогии и петрографии, тектоники и структурной геологии (изучающих характер смятий и разрывов толщ горных пород, движения земной коры), геологического картирования.

«Только сочетая достижения исторической геологии, ногой тектонической мысли с законами поведения элементов, — утверждал Ферсман, — мы начинаем понимать распределение полезных ископаемых то в грандиозных поясах, тянущихся на тысячи километров, то в целых геологических полях на пространстве миллионов квадратных километров. Только в свете нового синтеза… рождается прогноз — предсказание — высшая форма научной мысли, которая из настоящего разгадывает будущее, на основе известного намечает то неведомое, что сделается уделом человечества через сотни лет».

Еще одну отрасль знания, смежную с региональной

геохимией, открыл Ферсман: геохимическую географию (позже па ее основе расцвела благодаря талантливым трудам Б. Б. Польпюва, А. И. Перельмапа «геохимия ландшафта»). Идея этой науки появилась у пего во время путешествия по пустыням Средней Азии. Он много писал о геохимическом своеобразии пустынь, а также о чертах сходства заполярных тундр и среднеазиатских засушливых пустынных ландшафтов.

Ферсман выделил в северном полушарии пустынпоозерную зону, где преимущественно накапливаются натрий, калий, кальций, магний, хлор, сера, йод, бром, угольная кислота, сульфиды железа. Именно здесь целесообразно развивать химическую промышленность, непремеппо учитывая пересечения зоны поясами, где распространены металлы, для комплексного использования богатств недр.

Один из важнейших законов региональной геохимии, открытых Ферсманом, существование гигантских поясов, протягивающихся на сотни и тысячи километров. Эти пояса связаны со складчатыми зонами земной коры (геосинклиналями) и имеют ясно выраженную геохимическую зональность: химические элементы в них распределяются от центральной полосы к окраинам по определенным закономерностям. В центральных частях поясов обычно обнажаются гранитные или гранодиоритные массивы с пегматитами и рудами бериллия, урана, тантала, ниобия. Обрамляют их метаморфические породы, содержащие олово, вольфрам.

Затем полоса, обогащенная медью, свинцом, цинком, а далее — никелем, кобальтом, серебром…

Конечно, такая последовательность по абсолютна. Она изменяется в зависимости от местных условий. Однако только зная общее, можно уловить частности и выяснить отклонения от «пормы». Опираясь па идеи геохимических поясов, Ферсман отмечал геохимическую связь Урала и Тянь-Шаня, после того как в полосе, соединяющей эти два региона, он исследовал выходы, в частности, кызылкумских пегматитов. Еще раньше ученый выделил геохимический пояс, протягивающийся от Монголии через Забайкалье к Охотскому морю, и дал прогноз распределения здесь рудных месторождений. 1Тс все детали прогноза подтвердились в последующие годы, но была убедительно доказана великолепная идея о Монголо-Охотском поясе.

Итак, региональная геохимия изучает распределение химических элементов по горизонтали, по вертикали (в глубь земли), а также в глубинах геологического прошлого. Области, отличающиеся своеобразными сочетаниями (ассоциациями)

химических элементов, Ферсман назвал геохимическими провинциями, а периоды геологической истории, когда преимущественно накапливались те или иные ассоциации элементов, — геохимическими эпохами.

Можно сказать так: Ферсман первым стал рассматривать гео, химию в четырехмерном пространстве — времени.

Геохимические провинции — это распределение химических элементов на плоскости в двух измерениях. В то же время учитываются особенности распределения элементов с глубиной по вертикали, по слоям (пааовем геохимическими зонами подобные однородные по вертикали области).

Это уже объемное, трехмерное пространство. А при выделении геохимических онох учитывается четвертая координата — геологическое время.

Правда, для твердых физически и химически устойчивых минералов вполне достаточно отмечать их распределение в трехмерном пространстве земной коры. В сущности их геологическая история не имеет принципиального значения, если они оставались практически неизменными.

Другое дело — изменчивые минералы, скажем радиоактивные. Их история интересна с разных точек зрения, она сказывается на характере и количестве минералов, а также позволяет определять возраст соответствующих горных пород, слоев.

Ферсман разработал не только теоретические основы региональной геохимии, но и методику исследований, составления геохимических карт и профилей. Он сам выполнил первые геохимические схемы, предложил различные варианты карт.

Региональную геохимию Ферсман неразрывно связывал с учением о полезных ископаемых, с практикой горного дела и освоением минеральных ресурсов. Так, в работе «Полезные ископаемые Кольского полуострова» он выделяет геохимические районы, объединяя элементы в три группы по степени их практической значимости и изученпости: эксплуатируемые или подготовляемые к эксплуатации, известные или вероятные, возможные, с указанием минерала или горной породы, содержащих данные химические элементы. Отмечает и характерные геохимические комплексы — «содружества» химических элементов. Кроме того, классифицирует полезные ископаемые (химические элементы отдельных регионов) по их хозяйственной значимости.

КОМПЛЕКСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОХРАНА НЕДР

Не будем, однако, слишком обольщаться нашими победами над природой…

Ф. Энгельс

Полезное ископаемое — это не просто скопление какихто минералов или горных пород. Природное вещество должно быть полезным для людей и не абстрактно полезным, а конкретно, с учетом возможностей техники, добывающей и перерабатывающей природное сырье.

Залежи хибинского апатита, открытые экспедицией Ферсмана, неправильно было бы считать полезными ископаемыми до тех пор, пока не удалось изобрести технологию экономичной переработки апатито-нефелшювой руды. Поэтому Ферсман не раз говорил о том, что полезные ископаемые надо «сделать».

Подобные идеи Ферсман высказывал не по теоретическим соображениям, а в результате активной практической деятельности, из-за своей острой заинтересованное, и в судьбах открытых им залежей минерального сырья. Он искал полезные ископаемые пс из любви к поискам, а стремясь приносить пользу людям. И считал своим долгом добиваться того, чтобы богатства недр как можно скорее стали богатствами страны, использовались в народном хозяйстве.

Нередко считается, что ученый-теоретик, занимаясь общественной работой и консультируя производственников, делится своими знаниями. А для пего как ученого поденная деятельность ничего существенного, мол, дать не может. Скорее даже, напротив, он вынужден отвлекаться от теоретических исследований.

Для Ферсмана вышло иначе. Он постоянно был буквально перегружен общественной и практической деятельностью (занимал одновременно до десяти и более постов).

Начальник хибинских экспедиций, директор Института археологической технологии, директор Радиевого института АН СССР, председатель Комиссии по изучению Якутской АССР, начальник Каракумских экспедиций, член комитета по химизации народного хозяйства…

Резалось бы, он превращается в организатора и государственного деятеля, отходя от научных теоретических исследований. А вышло иначе. Ферсман в эти годы приступает к своим наиболее грандиозным научным трудам, обобщениям. Помимо региональной геохимии, он разрабатывает целый ряд повых и очень важных теоретических проблем, прямо или косвенно связанных с его практической деятельностью. Одна из них — комплексное использование и охрана минеральных ресурсов.

В наши дни охране природы придается очень большое значение. Полстолетия назад, когда Ферсман начал заниматься этими проблемами, они даже для многих ученых были неожиданными. Казалось, необходимо покорять природу, быстрее осваивать ее богатства, не считаясь с потерями, и прежде всего использовать самые ценные ресурсы. Зачем, например, тратить лишние средства для использования малоценных хибинских нефелинов, если выгоднее перерабатывать апатиты? Стране требуется напрячь все силы и укрепить народное хозяйство. Даже если природе при этом будет нанесен заметный ущерб, если часть ее богатств (не самых важных и ценных) останется не использованной — не беда! Пройдет, мол, несколько лет, а то десятилетий, страна расцветет и окрепнет, люди станут жить богато, вот тогда допустимо будет заниматься такими второстепенными вопросами, как охрана природы.

Сейчас подобные доводы кажутся очень упрощенными, неумными. Мы знаем, что человек — неразрывная часть природы, а не ее всесильный властелин и повелитель.

И если мы загрязняем и разрушаем окружающую среду, то рано или поздно почувствуем па себе «отдачу», испытаем тяжелые последствия таких непродуманных, безответственных поступков. Об этом писали ученые еще в прошлом веке. Ныне хорошо известны высказывания Ф. Энгельса и К. Маркса о том, что неразумное хозяйничанье человека превращает цветущие земли в пустыни. И в дореволюционной России некоторые ученые (ботаник академик И. П. Бородин, географ Д. Н. Анучин и др.) публиковали статьи, посвященные охране природы, был создан заповедник Аскания-Нова. Но эти единичные усилия частных лиц или небольших организаций не пользовались широкой поддержкой общественности.

Итак, будем помнить, что пятьдесят лет назад охрану природы многие считали делом необязательным или даже невыгодным, вредным для молодого Советского государства: сплошные расходы, а доходов никаких!

К счастью, были ученые и государственные деятели, имевшие

совсем другую точку зрения. В 1920 году, когда еще не закончилась гражданская война и хозяйство страны находилось в критическом состоянии, по инициативе Л. Е. Ферсмана горный отдел представил Советскому правительству проект создания па Южиом Урале первого в мире минералогического заповедника. Казалось бы, проект совершенно несвоевременный. Однако он был рассмотрен правительством и 14 мая 1920 года подписан В. И. Лениным. Это было верное, мудрое решение: в период борьбы за промышленность и сырье укрепить великую идею охраны природных богатств! Ферсман горячо приветствовал создание Ильменского минералогического заповедника.

И все-таки главнейшие формы борьбы за охрану природы, в особенности минеральных богатств, связаны не с изъятием их из активной эксплуатации, а с бережным рациональным использованием. Для Ферсмана это было совершенно ясно: он ведь пе был кабинетным теоретиком, а принимал участие в организации промышленности, индустриализации страны.

Но как осуществить рациональное природопользование?

Требуются не общие рассуждения и благие пожелания, а продуманные, выверенные и отработанные инженерные решения. Какие?

Ответ Ферсмана на эти вопросы в его статье с недвусмысленным названием: «Комплексное использование ископаемого сырья». В основе ее глубокая теоретическая идея о тесной, неразрывной связи природных геохимических условий с деятельностью человека, производящего гигантскую геологическую работу. Человек не должен противопоставлять себя природе. Его задача действовать в согласии с ней. Для этого требуется прежде всего детально изучить природную обстановку.

Эксплуатация недр связана с добычей тех или иных химических элементов или соединений. Они распределены в земной коре закономерно. Благодаря геохимическим исследованиям выявляются наиболее типичные сочетания минералов. «Таким образом, — заключает Ферсман, — самп законы геохимии нам подсказывают промышленные возможности и говорят о так называемых типических сочетаниях рудных и нерудных тел. Эти постоянные природные сочетания позволяют говорить о некоторых постоянных чертах промышленных комбинатов…

Мы, например, знаем, что в гранитных пегматитах совместно встречаются полевой шпат, чистый кварц, слюда, драгоценные камни, минералы некоторых редких металлов…

Комплексное использование всей горной массы в данном случае диктуется самими законами геохимии, и не удивительно,

если в Южной Дакоте в одной пегматитовой жиле одновременно добывается до 15 полезных ископаемых».[18]

Иными словами, природа как бы подсказывает нам, какие производства разумно организовать в каждой геохимической провинции. Ферсман приводит, в частности, такие совместные нахождения некоторых веществ: олово, вольфрам, висмут, литий, бериллий, золото, монацит, шеелит и др., калий, магний, бром, хлор, титан, железо, ванадий, уголь, колчедан, огнеупорные глины.

Вполне современно звучат его слова о недопустимости «пускать на воздух» сернистые газы заводов, теряя ценное сырье и заражая окружающую местность, или оеспельдо накапливать в отвалах твердые и жидкие отходы производств.

«Я вижу необходимость решительно настаивать на коренном пересмотре использования сырья, на необходимости по-новому заострить научно-техническую мысль и сказать: там поставлено правильно производство, где не пропадает ни грамма добытой горной массы, нет ни грамма отбросов, где ничто не улетает на воздух и не смывается водами».

Это высказывание Ферсмана показывает, что идея безотходного производства, которая так популярна в наши дни, была им обоснована давно. К сожалению, она не была своевременно оценена по достоинству и внедрена в жизнь.

Во всем мире развитие промышленности шло в другом направлении: из руд извлекались наиболее экономически выгодные вещества, а остальные — пустая порода — шли в отвалы, загрязняли воздух, почвы, природные воды.

Теперь, когда масштабы загрязнения области жизни — биосферы — очень велики, со всей очевидностью выявляются недостатки современной техники и технологии. Началась их перестройка в соответствии с требованиями охраны природы. Конечно, осуществить такую перестройку сейчас, когда техника необычайно мощна и разнообразна, чрезвычайно трудно.

Актуальным остается давний призыв Ферсмана проводить комплексные исследования минеральных ресурсов: искать не какое-то одно полезное ископаемое, а выяснять всю геохимическую обстановку. Рациональная эксплуатация и охрана минеральных ресурсов (как и любых других) должна основываться па знании природы.

Идея комплексного изучения и использования природных ресурсов, по словам Ферсмана, «это идея охраны наших природных богатств от их хищнического расточения, идея использования сырья до конца, идея возможного сохранения наших природных запасов на будущее».

Ясно и точно сформулированная мысль. Она и теперь остается полностью справедливой. Кому-то она, быть может, покажется простой, само собой разумеющейся. Это заблуждение. За последние годы она стала очень популярна. А вот до этого оставалась в сущности не понятой в полной мере. К сожалению, простую и верную мысль иногда пенять бывает труднее, чем сложную и ложную…

Как мы знаем, Ферсман не только формулировал общие рекомендации и разрабатывал конкретные мероприятия по изучению и использованию естественных производительных сил страны. Он «пробивал» путь идеи в практику народного хозяйства, проводил огромную организационную работу и в отдельных районах (Урал, Хибины, Средняя Азия и т. д.), и в масштабах всего государства.

Результаты этой его деятельности сказываются поныне.

«В настоящее время, — пишет академик Н. Н. Некрасов, — когда приходится ставить и изучать новые проблемы развития и размещения производительных сил СССР, мы непременно возвращаемся к трудам Александра Евгеньевича Ферсмана. Особенно ценными являются комплексные методы изучения новых районов, освоения обширных природных ресурсов северных регионов, разработанные академиком А. Е. Ферсманом еще в первые годы широкого индустриального развития страны. Его увлечение реальным подходом к использованию комплекса природных богатств страны имело большие последствия для планового социалистического хозяйства»).

КАМЕНЬ И ЧЕЛОВЕК

Естествоиспытатель стоит перед лицом строгого и беспристрастного судьи — природы.

Д. А. Умов

В судьбе Ферсмана камень сыграл решающую роль.

И не удивительно, что Александр Евгеньевич больше, пожалуй, чем какой-либо другой ученый, интересовался значением камня в истории человечества.

В этой работе он готовился долго, собирая исключительно много разнообразнейших сведений об использовании и изучении человеком камня с древнейших времен. Он задумал колоссальный труд объемом 120 печатных листов (около 2000 страниц!). Многотомник должен был состоять из шести частей: «История камня в СССР», «Камень в недрах пашей страны», «Цвета камня и их свойства», «Камень в истории культуры», «Камень в искусстве и технике», «Камень в жизни и быту».

Никто никогда еще не создавал подобного произведения. Трудно было бы даже отнести его к какой-то единой традиционной категории: к специальному научному исследованию или научно-популярному, к геологическим наукам или историческим, может быть, к философским или искусствоведческим исследованиям?

Невозможно судить о произведении, зная только лишь его замысел… Впрочем, к «Очеркам по истории камня» это относится не в полной мере, потому что Ферсман успел собрать обширнейший фактический материал и частично его обработать…

Началась Великая Отечественная война. В первые месяцы страна оказалась в трагической, тяжелейшей обстановке: враг захватывал наиболее развитые в промышленном и сельскохозяйственном отношении районы Украины, Белоруссии, западной части РСФСР.

Расчет фашистов на молниеносную войну не оправдался. Они были остановлены. Однако выстоять и победить было бы невозможно без военной техники: оружия, боеприпасов, танков, самолетов, без железа и угля, алюминия и нефти — самых разнообразных полезных ископаемых. Но как обойтись без криворожской железной руды, допбасского угля, никопольского марганца, оставшихся на оккупированной территории?!

С первых дней войны Ферсман все свои силы и знания отдает для победы над врагом, не желает эвакуироваться из Москвы, хотя город временами бомбили, а фашисты подходили все ближе.

О своей работе в этот период Ферсман писал Вернадскому: «В Москве удалось организовать очень серьезные работы большого оборонного значения (по маскировке, по аэрофотосъемке, по редким элементам, по географии соседних стран, по гидрогеологии и строительным материалам фронта). Целый маленький институт специальных работ, даже все палеонтологи включились в ряд острейших проблем».

Он был эвакуирован на Урал, в Свердловск. Недра Урала стали к этому времени одной из главных сырьевых опор оборонной промышленности страны. Оп вновь и вновь объезжает и облетает весь Урал, проводит совещания в разных городах Советского Союза, в октябре 1941 года приезжает в Москву, а позже дважды посещает Западный фронт.

Ферсман работает так интенсивно, неистово, что даже для него такой трудовой ритм невыносим. «Сам я совершенно замотался… — пишет он Вернадскому. — Работаю усиленно по стратегическому сырью и по восьми оборонным комиссиям. Работы масса, по в общем удается кое-что сделать». А несколько месяцев спустя, признаваясь, что нуждается хотя бы в небольшой передышке, добавляет: «Но до этого нужно посетить Тбилиси, Среднюю Азию, Сыктывкар и Актюбинск».

Он пишет брошюру «Геология и война», в которой выступает как ученый-теоретик, геолог-практик, общественный деятель, публицист и горячий патриот. Там есть такие слова: «Кто лучше поймет силы воздуха и земли, кто поймет местность как арену борьбы за пространство, кто сумеет скорее и полнее овладеть глубинами земли, тот будет ближе к победе над врагом. Оп будет к ней ближе, если сумеет все свои знания, всю энергию и волю подчинить единой мысли — бороться и побеждать, если поставит все силы природы на эту борьбу, сделает своими союзниками горную скалу и трескучий мороз».[19]

Ясно, что ученому, подчинившему всю свою волю делу победы над врагом Родины, не остается ви сил, ни времени на другие научные работы, тем более такие гигантские, как задуманный Ферсманом труд по истории камня.

В 1943 году А. Е. Ферсман получил высшую почетную награду Лондонского геологического общества — медаль Волластона (знаменитого минералога), выбитую из редчайшего минерала — палладия. Год спустя тяжело больной Ферсман написал о задачах послевоенного развития СССР.

Когда-то в молодые годы, во время первой мировой войны, он

несправедливо упрекнул своего учителя В. И. Вернадского за увлеченность проблемами будущего мирного восстановления страны. А теперь сам стремился заглянуть в грядущее, наметить его главные черты и определить свои будущие работы.

Планам его не суждено было осуществиться. В январе 1945 года умер горячо им любимый В. И. Вернадский.

Ферсман начинает писать очерк о его жизни и творчестве.

Работать ему все труднее: ухудшается здоровье. В санатории Сочи встречает он радостную весть о победе над фашистской Германией. А через 11 дней, 20 мая 1945 года, А. Е. Ферсмана не стало.

Рукописи его публиковались и позже (некоторые из них еще не опубликованы). Увидели свет и его очерки по истории камня, вернее, та их часть, которая была более или менее подготовлена автором к печати. Увы, замечательный по своей глубине и грандиозности замысел Ферсмана реализовать в сущности невозможно: во всем мире вряд ли найдется специалист, знающий камни так, как Ферсман, осмысливший такое величайшее множество сведений по истории камня и умеющий так прекрасно излагать материал.

Некоторое представление о характере и стиле «Очерков по истории камня» может дать такой отрывок:

«Камень постепенно становится (еще до папирусов, до старых надписей на глиняных черепках) материалом, на котором человек, веря в его неизменность, пытается запечатлеть личные переживания и исторические события.

Принцип собственности и охраны личности, семьи и рода соблюдается в эту эпоху использования камня на Древнем Востоке и в Риме. Применение перстня объясняется в ряде исследований не столько желанием украсить себя, сколько стремлением при его помощи подчеркнуть право собственника…

Уже на первых этапах развития человек стал применять камень для украшения, оценив его блеск, гармонию рисунка и яркость окраски. Яркая галька самоцвета, наиденная в песках реки и послужившая бусинкой для незатейливого ожерелья, могла дать толчок к широкому использованию цветного и самоцветного камня в бусах а украшениях. Отсюда возникло ювелирное искусство Древнего Египта, искусство резьбы, первобытной полировки и огранки камня в Индии и Цейлоне.

Постепенно в декоративном убранстве жилищ и общественных зданий засверкал цветной камень, незаменимым материалом для архитектуры были белый мрамор, порфир и гранит. Камень, природная красота которого сочеталась с творческим замыслом художника, стал прекрасным материалом

для воплощения его вдохновения: гранит и диорит — для величаво-спокойных, лишенных движения фигур, просвечивающие мягкий алебастр и твердый мрамор для гармоничных форм человеческого тела, прозрачный оникс — для тонкостенных сосудов и ламп.

Что заставляло человека предпринимать походы для добычи драгоценного камня, привоза обломков яркого лазурита или таинственного янтаря? Попытаюсь рассказать историю борьбы за камень как историю развития личности, желающей выделить себя среди других, покорить женщину, устрашить врага па поле брани и признать божественное происхождение царской власти. Вся история сверкающих самоцветами дворцов и пышных нарядов властелинов мира, начиная с древних индийских раджей страны Великих Моголов, эмиров и султанов Ирана, Месопотамии и императоров Римской империи, указывает на попытки использования камня для возвеличивания человека. Редкость ценного камня, трудность его добычи, цвет, игра и блеск привлекали к себе первобытного человека, настраивая его на мистический лад. Камень стал материалом для воплощения религиозных идей и суеверий…

Из этого мистического поклонения камню родилась вера в его целебные свойства».

Нетрудно оценить но достоинству прекрасный образец ферсмановского научного стиля, сочетающего точность фактов, строгость изложения и философскую глубину обобщающих идей с художественной выразительностью и образностью. В его «Очерках» приведено много занимательных историй о судьбах самоцветов, сведений о добыче и обработке камня в разных странах и в разные века, описаний знаменитых драгоценных камней и т. д.

Обратим внимание на главную идею, которая пронизывает приведенный выше отрывок: камень, считаемый обычно символом инертности, неколебимости, материальности, в истории человечества выступает в совершенно ином обличий — духовной ценностью, хранителем информации, красоты, он пробуждает в людях чувство прекрасного, помогает укреплять социальные связи людей и законы общественной жизни.

С древнейших времен человек начал обрабатывать камень. И одновременно камень, можно сказать, «обрабатывал» человека, развивая его разум и чувства, общительность и волю, а главное, самосознание. Камень стал объектом и орудием труда, а ведь именно в труде обретали наши давние предки человеческие черты.

Бесспорно огромное влияние камня па человечество, на

судьбы племен, народов и государств. А для некоторых людей общение с камнями, познание их становится любимым делом, потребностью, которая делает жизнь насыщенной и интересной. Одним из таких людей был А. Е. Ферсман. Он не только знал и любил минералы, но обладал редчайшим даром передавать другим свои знания и любовь, открывать людям замечательный, прекрасный и таинственный мир камня. Радостью познания природы пронизаны его произведения. А еще радостью созидательного труда, преобразования природы, счастьем творчества во всех его проявлениях: в строительстве и производстве, в земледелии и ремеслах, в искусстве и пауке.

ГЕОХИМИЯ (ТРАДИЦИОННАЯ)

Россия подняла и гордо несет знамя новой науки — геохимии, значение которой еще не осознано.

П. Данжеден

Пытаясь оценить в целом творчество такого разностороннего исследователя природы, как Ферсман, невольно встаешь на субъективную позицию, выявляешь свое отношение к тем или иным проблемам и меру своего понимания их. Возможно, правы (по-своему) те, кто особенно высоко ценит популярные работы Ферсмана. Действительно, никто из советских ученых не написал так много блестящих научно-популярных произведений. Специалисты в зависимости от их личных научных интересов и вкусов придают первостепенное значение классическим монографиям Ферсмана, посвященным пегматитам, полезным ископаемым Кольского полуострова, кристаллографии алмаза, цветам минералов, истории культуры камня…

Повторяю, мнения могут быть разные. И все-таки, на мои взгляд, наиболее значительное произведение Ферсмана — весомый вклад в мировую науку «Геохимия», опубликованная в четырех томах. Как всякое великое создание человеческой мысли, эта работа очень полно отражает не только склад ума, по и склад души, накал чувств и круг интересов автора. «Геохимия» Ферсмана, по его собственному признанию, труд «весьма несовершенный и неполный». Автор планировал дополнить его, в частности материалами по региональной геохимии.

Однако будем помнить, что в постоянно изменчивом, а то и бурном потоке научной мысли любой новаторский труд несовершенен и неполон. Исключение составляют некоторые таблицы и справочники, скажем таблица умножения. Но это в сущности не наука, а некий подсобный или учебный материал. К нашим дням научные теории, созданные в прошлом, приходят подобно руинам величественных сооружений древности: они сохраняют свою общечеловеческую значимость даже в том случае, если совершенно потеряли свое практическое значение (как храмы, святилища, жилища, инженерные сооружения и др.).

Для «Геохимии» Ферсмана существенно и то, что целый ряд научных идей, высказанных в вей, поныне остается, что называется, па переднем крае пауки. А есть и такие, черед которых, по-видимому, наступит еще в будущем.

Одна из особенностей этой работы: первые две части резко отличаются от двух последующих. Словно писали их два ученых: сначала — представитель «классического» направления, занятый преимущественно сбором и классификацией фактов, затем — ученый романтического склада, смело выдвигающий новые идеи и на их основе переосмысливающий многое из того, на что прежде редко обращали внимание или считали вполне понятным.

Эта своеобразная двуединость ученого — характернейшая черта, свойственная очень немногим и в полной мере — Ферсману. С ней мы уже знакомы, и она бросается в глаза каждому, кто знакомится и с популярными, и со специальными произведениями Ферсмана. Но для того чтобы отбросить свои первоначальные планы и, написав два тома из четырех, начать заново перерабатывать материал, кроме всего прочего, требуется большое мужество, ясность мысли, стремление к истине, не сопряженное ни с какими пресловутыми «личными интересами». Для многих людей совсем непросто или вовсе невозможно отказаться от своего даже ложного или неумного мнения. А Ферсману пришлось пренебречь своими верными и вполне плодотворными идеями. Его полностью захватили поиски новых путей в геохимии.

Но об этом чуть позже. Сейчас очень бегло познакомимся с двумя первыми томами «Геохимии». Они построены в виде курса лекций (всего их 16), охватываннцих самые главные проблемы пауки, которая кратко определяется так: «Геохимия изучает историю химических элементов — атомов в земной коре и их поведение при различных термодинамических и физико-химических условиях природы».[20]

Эти условия могут характеризоваться статическим равновесием (в кристаллах) и подвижным динамическим равновесием — в круговоротах атомов и соединений, при миграции химических элементов.

Ферсман начинает изложение основ геохимии с теории атома, как бы с главнейшего «кирпичика» мироздания, следуя по пути, намеченному норвежским геохимиком В. Гольдшмидтом. В то же время В. И. Вернадский избрал иную последовательность осмысления материала: от строения Земли, планетных оболочек к минералам и атомам.

В принципе оба подхода одинаково правомерны. В результате своих исследований Ферсман и Вернадский вышли на разные рубежи науки, каждому из них открылась своя, неведомая ранее область научного и философского знания.

Так произошло не сразу и в первых двух томах «Геохимии» проявилось слабо.

Это вовсе не означает, будто с начала своего четырехтомного исследования Ферсман шел проторенными путяии. Нет, его работа проникнута личным отношением, полна оригинальных разработок.

Ферсман первым стал очень широко использовать в геохимии периодическую систему элементов. Он придал таблице Менделеева геохимическую форму, стремясь выявить соответствие химического строения земной коры и структуры атомов. Некоторые закономерности он отмечает, однако вряд ли можно их считать принципиальными.

Вообще, в изложении материала ощущается некоторая хаотичность поисков, перегруженность работы различными таблицами и графиками, сведениями из атомной физики.

При чтении возникаег такое чувство, будто стараешься разглядеть контуры какого-то величественного здания сквозь загораживающие его густые строительные леса.

Особо выделяет Ферсман понятие эффективных радиусов ионов, которые ввел в геохимию Гольдшмидт. Это такое расстояние, при котором взаимное притяжение двух противоположно заряженных ионов определяет судьбы химических элементов (способность элементов принять в кристаллические решетки те или иные минералы, участвовать в их строении).

В своем изложении Ферсман старается не отступать от главного принципа учебного курса: необходимо ознакомить слушателя (читателя) с основами данной науки. Делает он это на самом высоком научном уровне, сообщая новейшие (по тем временам) факты, гипотезы, обобщения. И совершенно не стремится выделять, подчеркивать собственные идеи, постоянно ссылаясь на других исследователей и высоко оценивая их достижения (подобная позиция вообще была свойственна Ферсману).

Одним из центральных в геохимии он считает понятие «кларк» относительное количество атомов того или иного элемента в данном космическом теле или его части. Он ввел это понятие в 1923 году, назвав его по имени американского геохимика, первым подсчитавшего распространенность элементов в земной коре.

Ферсман сам произвел уточненные подсчеты кларков для разных сфер Земли (гидросферы, биосферы), а также построил целый ряд таблиц химических элементов, в том числе и Менделеевскую, с указанием кларковых чисел.

Такое большое внимание к законам распространения хинических элементов в геосферах совершенно оправдано.

Ведь па Земле в отличие от лабораторных условий характер химических реакций зависит пе только от термодинамической обстановки, но и от «естественных», природных масс веществ, вступающих в соединения. В лаборатории пропорции реагентов определяет экспериментатор. На планете таким «экспериментатором» является природа.

Это и учитывают кларковые числа.

Скажем, первые три самые распространенные (по числу атомов) в земной коре элементы — O, H, Si — составляют, по Ферсману, 86,70 %, первые девять — добавляются Al, Na, Mg, Ca, Fe, K — 98,81 %, а первые двенадцать — C, Ti, C, Cl — 99,64 %. Одно уж это ясно показывает, насколько своеобразна великая химическая лаборатория Земли.

Например, в ней явно преобладают элементы с четным атомным числом. Без учета подобных закономерностей познать ее деятельность невозможно…

Впрочем, не менее важно понять, почему кларки имеют такие значения. Однако на этот вопрос до сих пор пет однозначного ответа.

Итак, Ферсман очень широко использует кларковые числа. В то же время он не ограничивается химией Земли, а подвергает геохимическому анализу состав небесных тел и «пришельцев из космоса» — метеоритов. Развивая свои идеи, высказанные десятилетием раньше, он рассматривает геохимию как часть космохимии, изучающей химическое строение и эволюцию космических объектов.

Он не торопится делать «основополагающие» обобщения и выдвигать скороспелые теории. Честно признается:

«Наши знания по химии космоса лишь сейчас начинают сливаться в отрывки общей картины. Никакая стройная и научно обоснованная теория еще не может быть построена».[21]

Переходя к описанию Земли, Ферсман вслед за Вернадским характеризует планету по ее сферическим оболочкам, геосферам. Каждая из них отличается не только составом, но и особенностями среды, в которой протекают реакции: межзвездное пространство — стратосфера — тропосфера — биосфера (область жизни) — гидросфера — кора выветривания — осадочная оболочка (стратосфера) — метаморфическая — гранитная — базальтовая — периодотитовая.

Отличия оболочек очевидны: по состоянию вещества, давлению, температуре и т. д. Ферсман приводит кларки и для каждой оболочки, и для их частей. Например, для разных видов горных пород, а также для живого вещества (совокупности всех организмов) и даже для промышленности. Он, можно сказать,

построил декорации и охарактеризовал главных действующих лиц глобального «спектакля» химической жизни Земли. Осталось проследить, как развивается действие. Этому посвящен второй том «Геохимии».

В первом томе геохимия Земли представлялась как бы застывшей, статичной. Во втором на первый план вышло движение атомов, геохимическая динамика. Глобальные перемещения вещества планеты называются миграцией.

От чего зависит геохимическая миграция? От свойств атомов соответствующих соединений и физико-химических условий в окружающей среде. Ферсман подробно исследует закономерности геохимической миграции. Верный своему принципу, он не ограничивается земными процессами, занимаясь и космохимией, миграцией вещества в звездах. Но конечно, главное внимание уделяет земным факторам.

Последовательное изложение материала требовало от Ферсмана постоянных и довольно-таки утомительных перечислений, простоты и сухости стиля. Тем, кто знаком только с его блестящими популярными работами, стиль «Геохимии» покажется трудным и скучным, совершенно не «ферсмановским». Однако надо учесть, что Ферсман в первую очередь был профессиональным ученым. Популяризаторская его деятельность оставалась только увлечением, на которое он мог уделять время урывками, главным образом в периоды болезни, когда врачи запрещали более трудоемкие занятия.

Но вот что интересно отметить. В «Геохимии» постоянно ощущается своеобразный стиль Ферсмана. Не в смысле узко литературном — как особенности письма, структуры фраз, выбора слов и образов, а в широком понимании стиля — как выражения особого склада ума и характера. Это заметно уже в том, что постоянно, даже рассказывая о далеких звездах, строении атома или химических законах, автор остается минералогом, чувствуется, что его интересуют в конечном счете именно земные процессы, жизнь минералов. И еще. Он прекрасно ориентируется в самых разных науках, проявляя энциклопедические знания. В то же время хорошо улавливает различия научных методов. Тан, анализируя ход химических реакций в земных условиях, Ферсман обращает особое внимание на проблему геологического времени.

Обычно химические реакции записываются в виде уравнений без учета времени реакции. Тут важен результат. Для геохимии все обстоит иначе. Геохимические взаимодействия (реакции) могут растягиваться на годы, тысячелетия, миллионолетия. Здесь чаще всего важны не исходные и конечные состояния, а

промежуточные.

Казалось бы, вывод этот вполне естественный. А ведь наиболее полно и последовательно первым сделал его Ферсман. Возможно именно потому, что он острее, чем другие крупнейшие геохимики мира, ощущал связь законов химии с законами бытия минералов, с природными условиями Земли. Не просто понимал эту связь как теоретик, но и наблюдал ее на практике, на полевых работах, среди хибинских туудр и среднеазиатских пустынь, жадно вглядываясь в камни, кристаллы, мысленно восстанавливая их геологические судьбы.

И еще одна особенность подхода Ферсмана к проблемам геохимии: нацеленность — в ближней или дальней перспективе — на практическую пользу в связи с поисками полезпых ископаемых. Вот, например, Вернадского более интересовали общенаучные и философские аспекты геохимии.

Было бы неразумно оценивать, какой из двух подходов лучше, тем более что оба ученых интересовались в теоретическими, и практическими проблемами, но только в равных пропорциях. Общетеоретические вопросы, как известно, могут иметь очень ценные практические следствия. А практика предоставляет прекрасный материал для теоретических обобщений. Просто мы должны отметить одну из важных черт научного стиля Ферсмана, взаимосвязь теории с практикой.

Памятуя о практике, Ферсман всегда оставался теоретиком. В этом и заключается суть его «Геохимии». Многие теоретические выводы, сделанные в ней, исключительно плодотворны.

Анализируя геохимическую миграцию, он вводит, в частности, понятия «гипергенез», «сингенез», «катагенез» и «диагенез». Новых понятий он вообще вводит очень много, на что указывали его критики. Но это он делает не из пристрастия к сложным терминам или своим собственным словообразованиям. Он обращает внимание геохимиков на явления, прежде изучавшиеся слабо, недостаточно полно и глубоко.

Гипергепез — воздеистие па горные породы физикогеографических агентов, поверхностных сил. «Область геохимических процессов гипергенного типа характеризуется сложными химическими и физическими взаимоотношениями атмосферы, гидросферы и верхних частей литосферы, исключительным непостоянством определяющих ход реакций факторов, ролью жизненных процессов и процессов технической деятельности человека». Особенности гипергенеза в разных районах Земли связаны с географической зональностью, климатом, типами почв, характером растительного покрова, хозяйственным освоением территории.

В зоне гипергенеза происходят химические и физические изменения горных пород, накапливающихся на дне водоемов (увеличение плотности, уменьшение содержания воды и т. д.). Эти изменения Ферсман назвал диагенезом. После того как сверху таких «свежих» осадков накапливаются новые слои, начинается этап последующих изменений — катагенез…

Надо заметить, что действительно при чтении «Геохимии» складывается впечатление, будто автор вводит слишком много новых понятий, использует свою собственную терминологию, очень осложняющую понимание материала. Но как бы то ни было, объясняется такое «излишество» очень просто: ученый открывал новые области науки, привлекал внимание исследователей к малоизученным проблемам геохимии. В частности, к проблемам гипергенеза. Во времена Ферсмана они изучались геохимиками вскользь, непоследовательно. А после его работ на основе геохимии гипергенеза возникли новые, ныне обособившиеся области знания: геохимия ландшафта, геохимическая экология, геохимия биосферы.

Впрочем, о биосфере Ферсман упоминал сравнительно немного. Учение о биосфере разработал Вернадский. Возможно, именно поэтому геохимическая деятельность организмов Ферсманом охарактеризована бегло: преобладают ссылки па труды Вернадского. Не исключено, что было бы наиболее просто и точно считать гипергенными все геохимические процессы, протекающие в биосфере.

Однако Ферсман так не писал, предпочитая другие формулировки.

Представления Ферсмана о гипергенезе привели его к одной замечательной идее, к обоснованию и первой разработке теории техногенеза — геохимической деятельности человечества. К этой теории мы еще вернемся. А сейчас обратим внимание на одну небольшую оговорку автора, сделанную в начале второго тома «Геохимии». Там приведено высказывание Гете: «Старый фундамент будем уважать, но нельзя лишить нас права каждый вопрос иногда и нацело пересматривать». А затем авторская ремарка:

«Сейчас я совершенно убежден, что слова Гете очень скоро должны быть применены и к настоящему тому…».

ГЕОХИМИЯ (НОВАТОРСКАЯ)

По-настоящему новое можно добыть только в том случае, если вы готовы в решающем месте покинуть основы, на которых покоилась прежняя наука, и прыгнуть, в известной мере, в пустоту.

В. Гейзенберг

Так уж случилось, что самым резким, непримиримым критиком первых двух томов «Геохимии» Ферсмана стал… сам автор. Случай редчайший в истории науки. Пятидесятилетний ученый, написав значительную часть задуманной им фундаментальной работы, вдруг не то чтобы остановился на полдороге, а решительно изменил направление, стал по-новому переосмысливать основы науки, которой он занимался четверть века.

«И том первый и еще в меньшей степени том второй моей „Геохимии“ не могли удовлетворить меня своим анализом: они вылились как бы в систематизированный обзор самих фактов и явлений, определяющих ход геохимических процессов, но не давали настоящего геохимического освещения природных явлений, не входили в их анализ с точки зрения строения атома и его оболочек».

До сих пор его изложение геохимических проблем оставалось внутренне не организованным, не нанизанным на единую идейную нить, как бы на одну сюжетную линию.

Изложение рассыпалось на отдельные части, было рыхлым, лишенным прочного внутреннего костяка.

Открыв для себя эту основу, стержень, Ферсман не мог продолжать начатый ранее труд, а стал писать его заново.

Теперь он переосмысливал материал с позиций энергетики природных объектов и явлений: атомов, кристаллических решеток, застывающих расплавов, геосфер, распространенности и миграции химических элементов.

«Я чувствую огромную ответственность за этот решительный шаг, — отметил Ферсман, — но пытаюсь дерзать своей мыслью и своими исканиями. Я прекрасно понимаю, что тот уровень научной истины, на который я пытаюсь сейчас стать, будет очень скоро заменен новым, более глубоким и более устойчивым решением, — такова судьба и задача всякой научной работы. Но в

своем решении я хотел бы руководствоваться прекрасными словами Фритьофа Нансена (1926) и „Только движимое фантазией исследование является действительно продуктивным, идет смело вперед и достигает цели“.

Я хочу тем не менее в этой книге остаться натуралистом, точные эмпирические наблюдения и факты поставить в основу моих построений и сами построения так приспособить к объяснению природных условий, чтобы можно было их легче отбросить, когда новые факты, точно наблюденные и точно сопоставленные, вырастут за пределы старых идей».[22]

Эти слова Ферсмана вводят нас, как принято говорить, в творческую лабораторию ученого (почему-то о творческой лаборатории говорят обычно, имея в виду деятелей литературы, искусства, как будто научные поиски — это не творчество!).

Не станем пытаться на нескольких страницах пересказать содержание двух объемистых и насыщенных научной информацией томов «Геохимии». Даже в случае успеха нам не удается лучше попять особенности Ферсмана-ученого, чем это можно сделать на основе приведенной выше выдержки из его предисловия к этим томам, тем более что для более или менее верного и полного пересказа не хватило бы и целой книжки.

Одна из главных идей, которая легла в основу новых теоретических разработок Ферсмана, связана с нетрадиционным взглядом па таблицу Менделеева. Дело в том, что она составлена для атомов, которые характеризуются «внутренним равновесием» положительных и отрицательных зарядов, т. е. положительно заряженным протонам, входящим в ядро, соответствуют отрицательно заряженные электроны, занимающие обволакивающее ядро оболочки (орбиты модели атома Бора, на которую опирался в своих построениях Ферсман).

Но ведь в природных условиях вступают в соединения и мигрируют главным образом не атомы, а ионы, не имеющие полностью «уравновешенных» электрических зарядов.

Они либо лишены наружных одного или нескольких электронов, и тогда положительно заряжены (катионы), либо имеют отрицательный заряд из-за «лишних» электронов (анионы).

«Именно ионы, — пишет Ферсман, — определяют собой пути миграции химических элементов: так, например, S2- и S6+ и геохимически и теоретически глубоко различны, тогда как в менделеевской таблице сера — S — вообще занимает одно место. Поэтому, чтобы охарактеризовать активность природных процессов, надо дать таблицу ионов, самых основных и типичных».

Ферсман составил таблицу 145 ионов, участвующих в

геохимических процессах. Выделил две главные характеристики иона: радиус и валентность (заряд). В кристаллические решетки ион входит тем прочнее, чем выше его заряд и чем меньше радиус. Исходя из этого, Ферсман предложил вычислять энергетическую константу (ЭК) иона по его «энергетическому взносу» в кристаллическую решетку. Для анионов и маловалентных катионов формула очень проста: ЭК = Wˆ2/2R (где W валентность, а R — радиус иона). Для остальных катионов формула несколько сложнее!

ЭК = Wˆ2/2R*0.75(R + 0.2).

Чтобы от условных единиц ЭКов перейти к энергетическим, следует умножить ЭК на 256,1 кал. А общая энергия кристаллической решетки И в калориях такая:

И = 256,1(a.ЭК1 + b.ЭК2 + c. ЭКз + …), где a, b, c и т. д. — число ионов данного типа, входящих в формулу соединения, а ЭК1, ЭК2 и т. д. энергетические константы этих ионов.

С помощью подобных геоэнергетических показателей ученый попытался проанализировать реальные природные процессы (например, кристаллизацию расплавов, концентрацию тех или иных элементов или соединений). В некоторых случаях это ему блестяще удавалось сделать. Но бывали и неудачи. Вообще, точность формул, которыми он пользовался, была невелика. Но самое главное, не было учтено многообразие факторов геохимической миграции.

В ней участвуют исключительно сложные соединения, причудливые молекулярные структуры, среди которых коллоидные и еще более сложно организованное живое вещество. До сих пор ученые так и не смогли точпо описать геохимические процессы на основе энергетических показателей.

Возможно, задача эта принципиально неразрешима. Во времена Ферсмана это вовсе не казалось очевидным. Но теперь выяснилось, что энергетических показателей недостаточно для описания сравнительно сложных систем, обладающих структурой, организованностью. Здесь требуется учитывать степень упорядоченности, информативности (показатель, широко используемый, например, в кибернетике). А ведь в биосфере законы миграции химических влементов в значительной мере определяются функционированием сложно организованных структур…

Так или иначе, геоэнергетическая теория Ферсмана обогатила геохимию новыми идеями, открыла новые направления исследований. Эта теория, обоснованная в третьем томе «Геохимии», не получила дальнейшего развития.

В следующем томе, посвященном геохимии отдельных

элементов, Ферсман вновь возвращается к традиционному стилю изложения. А пятый том региональную геохимию — он гак и не успел завершить.

Судьба этого произведения, как может показаться на первый взгляд, свидетельствует о непоследовательности и неорганизованности автора. Однако такое мнение было бы слишком поверхностным. Задумав создать грандиозный и наиболее полный курс бурно растущей науки, Ферсман вынужден был постоянно выбирать один из двух возможных путей. Или составлять добросовестную сводку накопленных к данному сроку и вошедших уже в науку идей, обобщений, фактов. Или теоретически осмысливать известные сведения, вести научное исследование, выдвигать новые идеи.

Сначала Ферсман избрал первый путь. Об этом свидетельствует, в частности, форма подачи материала в виде лекций. И не случайно в первых двух томах есть пометки: «Допущены в качестве учебного пособия… для втузов».

Творческой натуре ученого была чужда спокойная рассудительность, когда речь шла о науке, суть которой — поиски истины. Мыслью своей он постоянно вторгался в малоизученные области знания и с третьего тома резко изменил стиль изложения. Теперь ему осталось развивать выдвинутую теорию, построить на ее основе и геохимию отдельных элементов, и региональную геохимию, приблизить теорию к решению практических задач поисков полезных ископаемых.

Судя по всему, Ферсман так и собирался продолжать свой труд. Но вскоре убедился, что задача эта невыполнима. Теория никак не могла объять необычайное разнообразие фактов.

Автор решил ограничиться изложением традиционного материала, не стараясь придавать своей теории «основополагающее» значение. При этом он высказал очень верную мысль, относящуюся не только к его произведению, но и вообще к взаимоотношению теории и практики: «Приведенные в книге теоретические соображения по возможности проверены и обоснованы большим фактическим материалом и поэтому в известной мере являются синтезом теории и практических наблюдений. Однако природные условия… не ограничиваются типичными, характерными и наиболее вероятными системами. Статистическая правильность построений недостаточна для полного применения общих положений к каждому данному случаю, несогласие с теорией превращается в необходимое и законное исключение, а исключение нередко представляет наибольший интерес… Поэтому пользование общими идеями и выводами… требует одновременно и очень вдумчивого к ним

отношения, и критического анализа самих природных явлений».

Ферсман был настоящим природоведом, натуралистом.

Увлекаясь теоретическими построениями, всегда видел за ними природу бесконечно сложную и прекрасную.

А еще и природу-кормилицу, предоставляющую человеку свои богатства. Умело, разумно воспользоваться ими — вот о чем помнил он постоянно. Теория была для него руководством к практическим мероприятиям, а практика опорой для теории.

УВЛЕКАТЕЛЬНАЯ, ПРЕКРАСНАЯ И РАДОСТНАЯ НАУКА

Наука вечна… в своем источнике, неизмерима по своему объекту, бесконечна по своей задаче, недостижима по своей цели.

К. М. Бэр

Любое творчество — в том числе и научное — придает человеческой жизни целеустремленность, дарит творцу радость преодоления трудностей и счастье открытий…

Нашей главной задачей было знакомство с Ферсманомученым, его теоретическими достижениями, поисками и находками. Пришлось оговориться, что Ферсман занимался популяризацией науки как бы между делом. Ведь многим он, возможно, представляется прежде всего или даже по преимуществу популяризатором геологической науки.

Однако, уделив должное внимание специальным работам Ферсмана, понимая их огромное научное значение, пора вспомнить и о его научно-популярной деятельности. Потому что она выходит за рамки обыкновенного занятного и упрощенного пересказа научных фактов и идей. Впрочем, такой вообще должна быть научная популяризации.

Что заставляло маститого академика, ведущего интересные научные исследования, занятого сверх всякой меры организационными, производственными, общественными работами, возглавляющего крупные экспедиции, участвующего в полевых работах, несмотря на тяжелую хроническую болезнь, — что заставляло его выкраивать время и писать «Занимательную минералогию» или «Занимательную геохимию»?

Не было у него секретарей или соавторов, выполняющих «черновую» работу. Не было литературных обработчиков, придающих сухому научному изложению цветастость и общедоступность. Он все делал сам (а как еще может работать талантливая творческая личность?).

У пего было, как у всех нас, 24 часа в сутки, и ради литературной деятельности он не мог, да и не имел права тратить ни минуты времени, отводимого для его главной и официальной работы. Оставалось урезать часы сна. Но ради чего? Неужели только для того, чтобы развлечь читателя занятными

рассказами о камнях, о геологии, о своей работе?!

Нет, конечно. Ради этого ни один здравомыслящий человек не пошел бы на такие… жертвы — это слово вполне уместно.

Так чем же руководствовался Ферсман, занимаясь популяризацией, что так властно влекло его к этому?

Пожалуй, вернее всего ответить так: он любил камни, любил пауку, любил людей. И тотчас припоминается отрывок из «Воспоминаний о камне»: «Я проходил мимо людей, меня называли часто сухим, бесчувственным. Годы шли, лучшие молодые годы, а люди оставались как-то вне моего жизненного пути…

Камень владел мною, моими мыслями, желаниями, даже снами… Какая-то детская любовь к камню, красивому, чистенькому кристаллу…».

Странно читать это признание, когда знаешь, как много восторженных слов писали люди, знавшие Ферсмана, о его душевной щедрости, чуткости. Кто же прав? Не мог же Ферсман очернить самого себя, что говорится, ради красного словца?

Вообще-то, «Воспоминания о камне» — произведение художественное, серия новелл. По законам жанра в них не обходится без вымысла. Но возможно и то, что Ферсман в молодости действительно самозабвенно любил камни, а людьми интересовался мало. Ведь и пишет он о молодых своих годах. А в те годы, между прочим, он занимался только специальными научными работами, вовсе не рассчитанными на занимательное чтение. Писать популярные произведения он начал позже, примерно тогда же, когда приступил к чтению курса лекций в университете Шанявского. Ему тогда было тридцать лет — вполне солидный по тем временам возраст.

Страстный, увлеченный стиль его научно-популярных произведений указывает на глубокую заинтересованность автора. Он стремится раскрыть читателю красоту и тайны мира камня, поделиться своими знаниями и своей любовью к природе. Ему недостаточно одному радоваться кристаллами, а хотелось бы, чтоб эту радость почувствовали тысячи, миллионы людей.

«Я очень хочу увлечь вас в этот мир, — писал он, — хочу, чтоб вы начали интересоваться горами и каменоломнями, рудниками и копями, чтобы вы начали собирать коллекции минералов, чтобы вы захотели отправиться имеете с нами из города, подальше, к течению реки, к ее высоким каменистым берегам, к вершинам гор или скалистым берегам моря, туда, где ломают камень, добывают песок или взрывают руду… И в мертвых скалах, песках и камнях мы научимся читать великие законы природы, по которым построена вселенная.

Я буду рисовать отдельными отрывочными картинками — так, как художник вырывает отдельные моменты из природы и, раньше чем написать большую картину, готовит десятки и сотни эскизов и рисунков. Общую картину природы должен построить сам читатель, своим воображением связать все вместе.

Я уверен, однако, что далеко не все смогут это сделать.

Мои слова будут для них слишком слабы, и им будет нужен более сильный художник, который заставит их ум и мысль работать в определенном направлении. Этот художник — сама природа. Тогда отправляйтесь, прочтя эту книгу, с экскурсией в Крым, на Урал, в Карелию, в Хибины, на берега Волги или Днепра и подумайте сами над камнем, его загадками и его жизнью.

…Человек далеко еще не победил и не обуздал силы природы, и еще нужно громадное напряжение ума, воли В знания, чтобы научиться превращать силы и вещества природы в полезные и культурные завоевания хозяйства и промышленности.

К этой творческой работе я хотел бы призвать читателя.

Если он, прочтя эту книжку, хоть немного загорится желанием узнать мир камней, его использование, захочет поработать над теми задачами, которых так много вокруг нас, в нашем строительстве новой жизни и новой культуры, то книжка сделала свое дело. А разбудив интерес, она разбудит и волю, и энергию, и стремление к работе и к знанию».[23]

Слова Ферсмана пронизаны стремлением помочь людям глубже понять окружающий мир, чтобы это знание сделало жизнь ярче, полней, насыщенней, прекрасней.

Безусловно, он испытывал глубокое удовлетворение, делясь с людьми своими переживаниями, связанными с научным творчеством, путешествиями, знаниями. В этом он видел не только приятную возможность самовыражения, но, главное, долг ученого, одну из своих общественных обязанностей.

Почти всеми своими знаниями ученый обязан обществу, сохранившему и передавшему их ему. Ученый имеет возможность, как иронически отмечают, удовлетворять свою любознательность за счет общества. В шутке этой есть доля истины.

Конечно, ученый своими теоретическими разработками приносит порой больше пользы людям, чем представители других отраслей народного хозяйства. С такой экономической точки зрения талантливый учепый не имеет перед обществом никаких задолженностей.

Иное дело — моральная сторона. Ведь ученый занимается особым трудом умственным, получая за него не только материальные блага, но и моральные. Это, что называется,

престижная область деятельности. Более существенно то, что научное творчество приносит ученому радость поисков и познания, доступную далеко не всем людям.

Популярно, увлекательно рассказывая о своей науке, ученый отдает свой моральный общественный долг, как бы приобщая к научному творчеству огромные массы людей.

По и это еще не все. Популярная литература осуществляет обмен фактами и идеями между разными областями знания. Она совершенно необходима специалистам смежных наук, для которых такое чтение приносит не только удовольствие, по и конкретную пользу, расширяя научный кругозор или направляя па неожиданные идеи. А там уже вполне возможно прийти рано или поздно к научным открытиям в своих областях.

Стремясь по-особому, интересно выразить основы своих научных знаний и поисков, ученый переосмысливает то, что ему известно, фантазирует, сопоставляет — творит!

Он придумывает новые образы, приходит к новым мыслям, к более смелым обобщениям.

В специальных исследованиях ученый ограничивает свое воображение областью известных фактов, конкретных детальных разработок, логически завершенных теорий.

Нестрогое популярное изложение позволяет сказать больше, охватить более обширные области знания и практической деятельности. Значит, научно-популярное произведение обогащает знаниями и эмоциями не только читателя, но и автора.

И еще одно важное, едва ли не важнейшее обстоятельство. Делая научные достижения достоянием всего народа, ученый повышает общий умственный потенциал общества.

«Мысль — ато величайший и еще нами не понятый источник силы. Мысль, побеждающая пространства, одним великим открытием умеряющая страдания человечества и овладевающая тайниками природных сил — атомами.

В мысли человеческого гения заложен новый мир науки будущего, который овладеет неиссякаемыми источниками мировых превращений энергии.

Счастье человечества — такова цель бурных исканий.

Новая жизнь родится как результат победы над природой и над косностью самого человека».[24]

Этот гимн мысли и знанию вряд ли был бы уместен в специальном научном исследовании, рассчитанном на узкий круг специалистов. Бурный, темпераментный Ферсман имел необоримую потребность не только высказать свои мысли, но и поделиться с людьми своими переживаниями, своими взглядами на жизнь человека и природы.

Он был ученым-писателем не по обязанности, а по склонности, по складу характера и ума, а главное, благодаря редкостной своей одаренности и одержимости творчеством и в науке, и в практической деятельности, и в литературе.

Дар писателя помогал Ферсману в научной работе.

Чувство слова, тонкое ощущение гармонии языка помогали ученому находить, придумывать новые научные термины, точно отражающие те явления, о которых идет речь, и вполне отвечающие мелодии разговорных слов. Ему принадлежит немало терминов, прочно вошедших в науку: гипергепез, кларк, геоцикл, техногенеа, диагенез и т. д.

Это очень редкий дар: умение давать природным объектам и явлениям имена. Чрезвычайно трудно придумать удачный термин. Впрочем, еще труднее открыть незамеченное или непонятое природное явление.

Ферсману был присущ талант открывателя.

Это редкое качество. Можно всю жизнь кропотливо заниматься наукой или каким-то другим делом, можно даже очень много знать, но все-таки не заметить вокруг или в своей работе ничего нового, неожиданного, никому еще неизвестного. А Ферсман никогда не уставал стремиться в неведомое, к новым открытиям.

Он мыслил интересно, оригинально. Умел сводить воедино множество разрозненных фактов.

Существует раздел геохимии, в котором соединяются познание пашей планеты, человека, общества, а также практическая деятельность. Это учение о геохимической деятельности человечества (техногенезе). Ферсман разработал его более основательно, чем кто-либо. Это было одним из крупнейших его научных достижений.

С точки зрения А. Е. Ферсмана (ее разделяли многие крупнейшие ученые) человечество, в принципе, такой же природный агент, как жар и холод, дробящие горные породы, как живые ограпизмы, создающие особые химические соединения, минералы, горные породы Мы, люди — крохотная часть земной породы, выполняющая с помощью техники гигантскую геохимическую работу. Рост промышленности, добыча полезных ископаемых, сжигание угля и нефти, вырубка лесов, распашка земель — все это вносит огромные изменения в окружающую природу. Человек геохимически перестраивает мир.

Ферсман изучал техногенез мерой и числом. Например, подсчитал потребление химических элементов, добываемых в горной промышленности. Получилось, что они вовлекались в техногенез ускоренно. Со временем возрастало и разнообразие

используемых химических элементов. (В наши дни используются практически все элементы таблицы Менделеева, даже те, которые созданы искусственно, техногенно и в естественных условиях не встречаются. Наиболее быстро увеличивается добыча металлов, связанных с металлургией железа, с потребностями электротехники, воздухоплавания, сельского хозяйства (за последние десятилетия добавились: радиоэлектроника, космонавтика, атомная промышленность и т. д.)

Сейчас ученые относят к техногезу любую техническую деятельность человека, перестраивающего или охраняющего область жизни — биосферу. Говорят о техногепных ландшафтах, техногенном рельефе, техногенном загрязнении окружающей среды. Перестроенную биосферу все чаще называют техносферой. Предложено выделять технозойскую эру, охватывающую около десяти последних тысячелетий геологической истории, когда на Земле произошли значительные техногенные изменения.

Учение Ферсмана о техногозе становится все актуальней. Продолжили исследования А. Е. Ферсмана его ученики: А. А. Сауков, А. В. Сидоренко, А. И. Перельман. В Белоруссии этой проблемой занимается целая группа ученых под руководством К. И. Лукашева. Познавать техногенез необходимо для того, чтобы разумно, рационально, на научной основе управлять этим процессом, в который мы все вовлечены.

Верно отметил в начале нашего века замечательный французский географ Элизе Реклю: человек создает окружающую среду по своему образу и подобию. На состоянии биосферы сказываются не только научно-технические достижения человека, но и его представления о красоте, о жизни и смерти, о добре и зле, о себе самом и бесконечно сложной и великой природе…

Учение о техногенезе призвано не только изучать геохимическую деятельность человека. Раскрывая природные законы, которым подчиняется человечество, наука помогает разумно перестраивать биосферу и глубже познавать сущность человека и его место в природе.

Есть в книгах Ферсмана замечательное качество: они словно совершенно не подвержены старению. Как драгоценные самоцветы, они не тускнеют со временем.

Для научных и научно-популярных книг достичь этого очень нелегко из-за постоянной изменчивости, постоянного движения научной мысли. Выясняются новые факты, появляются новые идеи, и прежние труды теряют новизну, безнадежно стареют.

И вот «Занимательная минералогия» А. Е. Ферсмана, появившаяся в 1928 году, за десять лет переиздавалась пять раз (не считая переводов на различные языки), а в послевоенные годы

— еще пять раз. Опубликованы миллионы экземпляров книги, а спрос на нее все равно велик.

И сейчас книга читается с интересом и поражает обилием интересных и глубоких мыслей.

То же самое относится к другим его популярным книгам «Занимательная геохимия», «Путешествия за кампем», «Воспоминания о камне». Некоторые популярные труды Ферсмана были изданы шестьдесят лет назад большим тиражом и давно стали библиографической редкостью («Пути к науке будущего», «Химия мироздания», «Время» и др.). Но и они совсем не выглядят устаревшими, а знакомство с ними приносит немало удовольствия и пользы.

Безусловно, широкая популярность общедоступных, как прежде называли, книг Ферсмана определяется их высоким научным уровнем и художественными достоинствами, яркостью и занимательностью изложения (недаром М. Горький и А. Толстой отмечали литературный талант Ферсмана). Но ведь и многие сугубо специальные труды Александра Евгеньевича в значительной мере сохраняют свою актуальность. Достаточно обратиться к «Геохимии» или даже некоторым более ранним работам ученого, чтобы убедиться: ученый выдвигал и разрабатывал проблемы, остающиеся актуальными поныне или даже ставшие со временем более актуальными. Вспомним его учение о техногенезе или о рациональной эксплуатации минеральных ресурсов.

На мой взгляд, творчество Ферсмана сохраняет свою научную и художественную ценность по двум главным причинам: оно стало отражением как жизни природы, так и незаурядной личности автора.

…Глядя на горные вершины, таежные просторы, каменные глыбы или прекрасные кристаллы, находясь в здравом уме, вряд ли посетуем на их «устарелость» или обыденность. Каждое природное явление таит в себе бездну проблем, пищи для ума и для чувств. Только от пас самих зависит, что мы сумеем почерпнуть из этой бездонной сокровищницы: или самые поверхностные, заурядные, серенькие впечатления, или глубокие переживания, идеи, образы.

Так и в творчестве Ферсмана проявляется — хотя бы отчасти — эта особенность «произведений природы». Если прибегнуть к привычному образу, можно сказать: произведения Ферсмана многогранны и отражают жизнь природы с большой полнотой и многокрасочностью.

Он был не просто геохимиком или минералогом, но прежде всего природоведом, натуралистом, независимо от того,

занимался ли узко специальными исследованиями, создавал ли научно-популярные или художественные произведения.

В его популярных работах, рассчитанных на юного читателя, даже специалист может обнаружить интересные для себя идеи. Потому что и в этих работах он старался раскрыть перед читателем удивительный и многообразный мир природы, а не рассказать занятно о достижениях в какой-то одной области науки.

Ферсман проводил научные исследования и писал о науке вдохновенно, потому что всегда видел за частным общее, за сухими грудами фактов реальные бесконечно сложные создания природы.

Его книги — это исповедь счастливого человека. Несмотря на все трудности, горести и невзгоды он всегда испытывал радость познания мира и счастье преодоления препятствий. Он был постоянно устремлен в неведомое.

Был первооткрывателем. И щедро делился своими достижениями с другими.

Его книги завораживают нас не красотами стиля, а ощущением личности автора — человека мудрого, вдохновенного, доброжелательного, как бы излучающего свет.

Конечно, его произведения обогащают нас знаниями, открывают нам удивительный мир камня, вызывают интерес и любовь к наукам о Земле и желание глубже познать природу. И все-таки самое прекрасное в них то, что мы имеем возможность познакомиться с человеком замечательным — Александром Евгеньевичем Ферсманом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

А. Е. Ферсман принадлежит к той блестящей плеяде замечательных деятелей русской науки, во главе которой стоит великий ее основатель М. В. Ломоносов.

Д. И. Щербаков

Ферсман был сильной, цельной и целеустремленной личностью. Может показаться, что жизнь его протекала на редкость безоблачно, судьба ему благоволила и детские увлечения камнем с необычайной легкостью пронес он через всю свою жизнь, сопровождаемый уважением коллег и признательностью многочисленных читателей…

Нет, легкого пути не было. Был тяжелый, а то и мучительный труд. Была пепростая, порой изматывающая и опасная работа геолога. Была вечная перегруженность заботами и обязанностями. И надо ли напоминать, что существовала при этом неизлечимая болезнь, сопровождаемая ужасными болями, упадком сил.

Ферсман оставался настоящим геологом, исследователем Земли, несмотря на то что для него эта профессия была особенно трудна. И в таком постоянном преодолении трудностей, в полной самоотдаче он год от года креп и мужал, приобретая удивительную твердость характера.

Немного найдется людей, способных так поистине неистово отдаваться творчеству. Это не было мрачное подвижничество фанатика, находящего радость в самоутверждении, не было и намека на эгоизм, упоение своими собственными достижениями.

Творчество Ферсмана удивительно ясное, радостное, обращенное к людям, не только к немногим специалистам, но и ко всем, кого интересует познание природы, а главное, кого влечет к себе таинственный и прекрасный мир минералов.

…Проходят годы, и все новые люди, все новые поколения знакомятся с произведениями Ферсмана, находя в них не только глубокие идеи и прекрасные художественные образы, но и источник бодрости, радости жизни, счастья познания природы.

notes

Примечания

1

Ферсман А. Е. Путешествия за камнем. Л., 1956, с. 19.

2

Ферсман А. Е. Путешествия за камнем. Л., 1956, с. 18.

3

Ферсман А. Е. Путешествия за камнем. — Л., 19:.0, с, 40.

Ферсман А. Е. Избранные труды. М., 1959, т. V, с. 530.

Александр Евгеньевич Ферсман. М., 1965, с. 433.

Ферсман А. Е. Кристаллография алмаза. Л., 1955, с. 15.

Ферсман А. Е. Занимательная минералогия. М, — Л., 1933.

Ферсман А. Е. Избранные труды, М., 1959, т. V, с. 833.

9

Ферсман А. Е. Очерки цо минералогии и геохимии. М., 1959, с. 28.

10

Ферсман А. Е. Очерки по минералогии и геохимии. М., 1959, с. 82.

11

Природа, 1914, № 3, с. 304.

12

Относительно обедненные кремниевой кислотой.

13

Ферсман А. Е. Путешествия за камнем.

Вернадский В. И. Избранный сочинения. М., 1954, т. 1.

15

Александр Евгеньевич Ферсман. Жизнь и деятельность. М, 1965, с. 414.

Ферсман А. Е. Время. Пг., 1922, с. 3–4.

17

Ферсман Л. Е. Путешествия за камнем. Л., 1950, с. 233.

Проблемы минерального сырья. М., 1975, с. 15.

19

Ферсман А. Е. Геология и война. М.-Л., 1943, с. 39

Ферсман А. Е. Геохимия. Л., 1934, т. I, с. 26.

21

Ферсман А. Е. Геохимия. Л., 1934, т. I, с. 232.

Ферсман А. Е. Избранные труды. М., 1958, т. IV, с. 7.

23

Ферсман А. Е. Занимательная минералогия. М.-Л., 1953, с. 4–5.

Ферсман А. Е. Занимательная геохимия. М., 1959, с. 326.